

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

***Н. У. ГЮЛЄВ***

***ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР І ДОРОЖНІ ЗАТОРИ***

***МОНОГРАФІЯ***

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2016**

УДК 656.13–051:616–056.3

ББК 39.808–08+88.283–3

Г99

***Автор***

***Гюльєв Нізамі Уруджевич***, кандидат технічних наук, доцент

***Рецензенти:***

***Ремарчук Микола Парфенійович***, доктор технічних наук, професор кафедри будівельних, колійних та навантажувально-розвантажувальних машин, Український державний університет залізничного транспорту;

***Линник Ірина Едуардівна***, доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

***Рекомендовано до друку***

***Вченою радою Харківського національного університету***

***міського господарства імені О. М. Бекетова,***

***протокол № 9 від 25 березня 2016 р.***

**Гюльєв Н. У.**

Г99 Людський фактор і дорожні затори : монографія / Н. У. Гюльєв; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 235 с.

ISBN 978-966-695-408-7

У монографії розглянути питання, пов'язані зі зміною функційного стану водія і часу його реакції в дорожніх заторах, які впливають на безпеку дорожнього руху. На підставі аналізу впливу людського фактора на функціонування транспортної системи міста визначено фактори, що впливають на надійність роботи системи «водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище». Визначено метод оцінювання функційного стану водія. Розроблено регресійні моделі зміни функційного стану і часу реакції водіїв із різним темпераментом у транспортних заторах.

Розраховано на інженерно-технічних працівників, зайнятих у сфері проектування транспортних систем міст, викладачів, аспірантів, студентів вузів транспортних спеціальностей, та всіх тих, хто цікавиться питаннями людського фактора і безпеки дорожнього руху.

УДК 656.13–051:616–056.3

ББК 39.808–08+88.283–3

© Н. У. Гюльєв, 2016

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016

ISBN 978-966-695-408-7

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>	<b>6</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
 <b>1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА.....</b>	 <b>9</b>
1.1 Особливості системи «людина – знаряддя праці – предмет праці – виробниче середовище» в транспортній системі міста.....	9
1.1.1 Роль людського фактора у формуванні транспортних потоків.....	9
1.1.2 Аналіз методів підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста.....	10
1.2 Екологічні наслідки транспортних заторів.....	22
1.3 Діяльність водія та її фізіологічне підґрунтя.....	26
1.4 Фактори, що впливають на надійність роботи системи «водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище».....	31
1.5 Висновки до розділу.....	33
 <b>2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІЙНОГО СТАНУ ВОДІЯ.....</b>	 <b>34</b>
2.1 Працездатність, надійність і функційний стан водія.....	34
2.2 Оцінювання функційного стану водія за допомогою електроенцефалограм.....	51
2.3 Оцінювання функційного стану водія за допомогою шкірно-гальванічної реакції.....	56
2.4 Оцінювання функційного стану водія за допомогою критичної частоти злиття мигтінь.....	60
2.5 Оцінювання функційного стану водія за допомогою електрокардіограм.....	67
2.6 Тестові та інші методи оцінювання функційного стану водія.....	81
2.7 Висновки до розділу.....	84

<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ФУНКЦІЙНИЙ СТАН ВОДІЯ.....</b>	<b>85</b>
3.1 Вибір і оцінювання значущості факторів, які впливають на функційний стан водія.....	85
3.2 Залежність функційного стану водія від його індивідуально-типологічних особливостей.....	87
3.3 Експериментальні дослідження змінювання функційного стану водія в транспортному заторі.....	91
3.3.1 Вплив ергономічних властивостей автомобіля на функційний стан водія.....	91
3.3.2 Вплив транспортного затору на функційний стан водія.....	97
3.4 Висновки до розділу.....	101
<b>4 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАТОРІВ НА ФУНКЦІЙНИЙ СТАН ВОДІЯ.....</b>	<b>102</b>
4.1 Обґрунтування поширення результатів досліджень на генеральну сукупність.....	102
4.2 Середньостатистична регресійна модель впливу транспортного затору на функційний стан водія.....	103
4.3 Окремі регресійні моделі змінювання функційного стану водіїв у транспортних заторах.....	109
4.3.1 Модель змінювання функційного стану водія-холерика у транспортному заторі.....	109
4.3.2 Модель змінювання функційного стану водія-сангвініка у транспортному заторі.....	111
4.3.3 Модель змінювання функційного стану водія-меланхоліка у транспортному заторі.....	113
4.3.4 Модель змінювання функційного стану водія-флегматика у транспортному заторі.....	115
4.4 Факторний аналіз впливу транспортного затору на функційний стан водіїв.....	117
4.5 Висновки до розділу.....	157

<b>5 ВПЛИВ ФУНКЦІЙНОГО СТАНУ ВОДІЯ НА ЧАС ЙОГО РЕАКЦІЇ.....</b>	<b>158</b>
5.1 Експериментальні дослідження оцінювання часу реакції водія в транспортному заторі.....	158
5.1.1 Вплив транспортного затору на час реакції водія.....	158
5.1.2 Вплив функційного стану водія на динамічний габарит автомобіля.....	160
5.1.3 Регресійна модель впливу функційного стану водія на час його реакції.....	163
5.2 Змінювання часу реакції водіїв із різним темпераментом у транспортному заторі.....	164
5.3 Висновки до розділу.....	187
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>188</b>
<b>СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>190</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АТ – артеріальний тиск  
БДР – безпека дорожнього руху  
БР – безпека руху  
ВАДС – водій – автомобіль – дорога – середовище  
ВСР – варіабельність серцевого ритму  
ВТПС – водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище  
ДТП – дорожньо-транспортна пригода  
ДТС – дорожньо-транспортна ситуація  
ЕАШ – електрична активність шкіри  
ЕДА – електродермальна активність  
ЕДР – електродермальна реакція  
ЕЕГ – електроенцефалограма  
ЕКГ – електрокардіограма  
ЕОГ – електроокулограма  
ЕОШ – електричний опір шкіри  
ІН – індекс напруги  
КІГ – кардіоінтервалограма  
КЧЗМ – критична частота злиття мигтінь  
ЛТ – людина – техніка  
ОДР – організація дорожнього руху  
ПАРС – показник активності регуляторних систем  
СА – синусова аритмія  
СВ – синусовий вузол  
СР – серцевий ритм  
ССС – серцево-судинна система  
ЧП – частота пульсу  
ШГР – шкірно-гальванічна реакція

## ВСТУП

Транспортна система міста є складною, самоорганізованою системою із своїми особливостями й характеристиками.

Ефективність функціонування цієї системи значною мірою обумовлюється застосовуваною технологією організації дорожнього руху, головними завданнями якої є доставка вантажів і пасажирів у необхідні пункти з дотриманням умов безпеки руху. Забезпечення виконання цих завдань залежить від водія і його стану в транспортному потоці.

Більш ніж у 70 % випадків збої і відмови в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС) відбуваються з вини водія. Отже, під час організації дорожнього руху особливу увагу необхідно приділити водієві і змінюванню його функційного стану.

Рух в транспортному потоці пов'язаний із подоланням чисельних дорожніх заторів, що утворюються на перехрестях, особливо в пікові періоди. Це призводить до погіршення функційного стану водія внаслідок тимчасового розладу деяких його психічних і психологічних функцій [1–3]. Водій обирає швидкість руху, інтервал у русі автомобілів, займану смугу дороги, вчиняє маневр тощо. Від обраної стратегії поведінки водія залежить швидкість транспортного потоку, його інтенсивність і щільність.

Транспортні затори утворюються внаслідок перевищення інтенсивності руху транспортного потоку щодо пропускною спроможністю окремих ділянок вулично-дорожньої мережі. Неналежний розвиток транспортної інфраструктури міста, велика щільність транспортних потоків, особливо в ранкові та вечірні, пікові, періоди також спричиняють утворення транспортних заторів.

Дорожні затори на перехрестях у пікові періоди значно збільшують час пересування і знижують швидкість руху транспорту.

Негативний вплив транспортних заторів полягає, також, у погіршенні екологічної обстановки міста внаслідок викиду в атмосферу токсичних речовин, що містяться у відпрацьованих газах автомобілів. Перевищення концентрації отруйних речовин у повітрі понад допустимі норми негативно впливає на стан водія і підвищує ймовірність виникнення дорожньо-транспортної пригоди.

Погіршення функційного стану водіїв в унаслідок перебування в транспортному заторі призводить до зміни часу їхньої реакції.

Час реакції водія відіграє важливу роль у створенні безпеки руху, від нього залежить, якій буде гальмівний шлях автомобіля. Збільшення часу реакції водія призводить до збільшення динамічного габариту автомобіля, від якого залежить інтервал руху між сусідніми автомобілями в транспортному потоці. Збереження водієм попереднього динамічного габариту після виходу з транспортного затору може призвести до виникнення дорожньо-транспортної пригоди.

Однак не всі водії однаково реагують на перебування в транспортному заторі. Їхня поведінка або зміни у функційному стані обумовлюються індивідуально-типологічними особливостями або темпераментом.

Отже, необхідно досліджувати, як впливає перебування водія в дорожніх заторах на його функційний стан.



# **1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА**

## **1.1 Особливості системи «людина – знаряддя праці – предмет праці – виробниче середовище» в транспортній системі міста**

### **1.1.1 Роль людського фактора у формуванні транспортних потоків**

Транспортні потоки формуються шляхом взаємодії окремо взятих автомобілів між собою і із зовнішнім середовищем. Здебільшею ця взаємодія має випадковий характер. Транспортний потік становить собою складну систему, якою потрібно постійно керувати. Активним елементом цієї системи є водій, від стану якого значною мірою залежить ефективність роботи всієї транспортної системи міста [1–3].

Транспортний потік складається з автомобілів, які мають різні динамічні характеристики і якими керують водії із різними психофізіологічними особливостями [4–8]. Водії керують транспортними засобами на свій розсуд відповідно до обраних цілей і завдань. Основними характеристиками транспортного потоку є інтенсивність, щільність, склад і швидкість руху [6, 9–15].

Наявність людського фактора в транспортному потоці, як основного його елемента, і його прояви, які важко прогнозувати, обумовлює імовірнісність потоку [7, 16].

Усі автомобілі в транспортному потоці розподіляються на маршрутні й не маршрутні. Маршрутний транспорт повинен курсувати по заздалегідь визначених маршрутах, на відміну від немаршрутних, водії якого можуть сами обирати шлях прямування.

За даними досліджень транспортного потоку легкові автомобілі становлять до 90 % загальної кількості транспортних засобів [8, 17].

Зі збільшенням інтенсивності й щільності транспортного потоку зменшується швидкість автомобіля. В умовах щільного транспортного потоку водій постійно перебуває в напруженому стані, намагаючись не допустити зіткнення з автомобілем, що рухається попереду. Додаткове напруження у водіїв спричиняють транспортні затори, особливо в ранковий піковий період. Вони призводять до погіршення функційного стану водія.

Ще більшого напруження в щільному транспортному потоці і в заторі зазнають водії вантажних автомобілів у наслідок того, що ці автомобілі мають великі габарити і масу порівняно з легковими автомобілями [8].

Водієві вантажного автомобіля доводиться постійно дотримуватися не тільки дистанції між ним і їдучим попереду автомобілем, але й бічних відстаней до автомобілів, що рухаються в сусідніх рядах.

Транспортні затори на перехрестях у пікові періоди значно збільшують час пересування й зменшують швидкість руху транспорту. Перебування в транспортних заторах негативно позначається на психофізіологічному стані водія, спричиняючи погіршення його функційного стану й низку психічних порушень [3, 18].

Транспортні затори також негативно впливають на екологічну обстановку міста, оскільки в повітря потрапляють токсичні речовини, які містяться у відпрацьованих газах автомобілів [10].

Водії немаршрутного транспорту намагаються обирати такий шлях прямування, щоб забезпечити мінімальні витрати часу та комфортні умови поїздки [5, 19]. Автори роботи [20] вважають, що водій обирає маршрут, виходячи з різних характеристик і умов обслуговування. До того ж модель вибору шляху прямування потрібно будувати за імовірнісним принципом [7, 8, 13, 21–33]. Від умов поїздки залежить ступінь комфортності, яка обумовлює психологічну й фізичну втому водія [34].

В умовах щільного транспортного потоку водії не можуть рухатися за своїм бажанням, а змушені підпорядковуватися сформованому режимові руху й особливостям транспортного потоку загалом [10].

Водії окремих автомобілів не можуть вплинути на режим руху, недотримання якого значно збільшує витрати часу на пересування, збільшується ймовірність скоєння дорожньо-транспортної пригоди (ДТП). У цих умовах значно зростає роль системи управління транспортними потоками, яка забезпечує отримання й переробку інформації про потоки та впливає на зміну їх особливостей.

### 1.1.2 Аналіз методів підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста

Наявні методи керування транспортними потоками у містах передбачають керування на окремо взятому перехресті, координоване й мережеве управління [5, 7, 12, 13, 14, 19, 23, 35–39].

Метою всіх методів керування транспортними потоками є підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста шляхом підвищення пропускної здатності всіх її елементів та гарантування безпеки дорожнього руху. Під час моделювання транспортних потоків транспортної

системи міста автором роботи [40] для розподілу кореспонденцій на дугах транспортної системи обрана гравітаційна модель.

Кореспонденції з  $i$ -го пункту в  $j$ -й визначаються за формулою [40, 41]:

$$h_{ijk} = \frac{HO_i \cdot HP_{jk} \cdot k_{jk} \cdot D_{ij}}{\sum_{j=1}^n (HP_{jk} \cdot k_{jk} \cdot D_{ij})}, \quad (1.1)$$

де  $h_{ijk}$  – кореспонденція між районами  $i$  та  $j$  на ітерації  $k$ ;

$HO_i$  – обсяг відправлень з  $i$ -го вузла, авт/год;

$HP_{jk}$  – обсяг прибуттів в  $j$ -й вузол, авт/год;

$D_{ij}$  – функція тяжіння між  $i$ -м та  $j$ -м вузлами;

$k_{jk}$  – балансувальний коефіцієнт;

$n$  – кількість вузлів транспортної мережі.

Інформація про наявні інтенсивності руху на ділянках вулично-дорожньої мережі міста, необхідна для розроблення моделі функціонування транспортної системи, отримана за допомогою методів натурного спостереження, методики яких наведено в [7, 9, 12, 42–46].

Для прогнозування фактичної швидкості потоку використовують таку регресійну модель [40]:

$$\begin{cases} \text{при } N \leq P_{\min} & \begin{cases} V_B \\ V_\phi = 55,82 - 6,92 \cdot 10^{-5} \cdot N_i^2 \end{cases} \\ \text{при } N > P & 5 \text{ км / год} \end{cases} \quad (1.2)$$

де  $P$  – пропускна здатність смуги руху, авто/год;

$V_\phi$  – фактична швидкість руху, км/год;

$V_B$  – швидкість вільного руху, км/год;

$N_i^2$  – середня інтенсивність руху по одній смузі  $i$ -ої дуги мережі, авт/год.

Як критерії ефективності функціонування транспортної системи обрано сумарні транспортні витрати всіх транспортних засобів, сумарний перебіг мережею й сумарний час руху [40].

Однак під час проведення відповідних розрахунків не враховано вплив функційного стану водія на надійність і безпеку функціонування транспортної системи міста.

Автори робіт [47–50] у своїх дослідженнях оцінювали ступінь напруженості водія під час створення безпеки дорожнього руху та підвищення його працездатності. Було встановлено, що підвищення емоційної напруженості призводить до перевищення водієм швидкості і, як наслідок, до ймовірності виникнення ДТП. Однак у цих дослідженнях більшою мірою враховано вплив дорожніх умов під час проектування доріг і не враховано змінювання стану водія в транспортних заторах.

Авторами робіт [8, 51–53] проведено дослідження та розроблено моделі змінювання функційного стану водіїв на ділянках дорожньої мережі та на зупинкових пунктах пасажирського і вантажного транспорту.

Змінювання функційного стану водія протягом робочого дня описано наступною формулою:

$$P_{II}^{III} = 0,22 \cdot P_{II}^{III} + 13,83 \left( \frac{1}{L_M^{II}} \right) + 0,22 \cdot L_A - 0,002 \frac{U_n}{M_n} + 0,29 \cdot T_p + 0,05 \cdot \frac{B_B}{S_A}, \quad (1.3)$$

де  $P_{II}^{III}$  – показник активності регуляторних систем організму водія перед початком роботи, бали;

$L_M^{II}$  – довжина маршруту, км;

$L_A$  – довжина автобуса, м;

$\frac{U_n}{M_n}$  – відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості, у.о./м.н.;

$T_p$  – час роботи, год;

$\frac{B_B}{S_A}$  – відношення віку водія до стажу роботи на автобусі.

Змінювання функційного стану водія під час руху на маршруті описано за допомогою такої формули:

$$P_{II}^{III} = 0,53 P_{II}^{III} + 0,053 \frac{B_B}{S_A} + 0,007 T_C^{III} + 0,042 U - 0,001 \frac{U_n}{M_n} + 0,17 L_A, \quad (1.4)$$

де  $P_{II}^{III}$  – показник активності регуляторних систем перед початком руху, бали;

$\frac{B_B}{S_A}$  – відношення віку водія до стажу його роботи на автобусі;

$T_C^{III}$  – час сполучення по маршруту, с;

$\frac{C_H}{M_H}$  – відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості, у.о./м.н.;

$U$  – питома потужність двигуна транспортного засобу, кВт/т;

$L_A$  – довжина автобуса, м.

У цих дослідженнях, однак, не розглянуто поведінка водія і зміна його функційного стану в транспортних заторах.

Одним з найважливіших заходів щодо підвищення ефективності функціонування транспортної системи є підвищення пропускної здатності вулиць і доріг.

Автор роботи [54] у своїх дослідженнях вивчав закономірності поведінки водія пропонує розраховувати пропускну здатність таким чином:

$$P_{II} = P_m \cdot \left[ 1 - \frac{\frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{k_2}{c_2}} (12V_{MT}\alpha + 9\beta - 6\beta V_{MT})}{4V_{MT}^2\alpha} \right], \quad (1.5)$$

де  $P_{II}$  – практична пропускна здатність, авт/год;

$P_m$  – пропускна здатність смуги руху, авт/год;

$V_{MT}$  – максимально можлива швидкість руху автомобіля на прямій горизонтальній ділянці дороги в еталонних умовах, км/год;

$\alpha, \beta, \gamma, c_2, k_2$  – коефіцієнти.

А. А. Гаврилов пропонує оцінювати складність управління автомобілем і ймовірність виникнення ДТП шляхом порівняння інтенсивності інформаційного потоку й пропускної спроможності каналів сприйняття водія [55].

Під час руху інформація про дорожню обстановку, яка надходить до водія, сприймається ним як керівництво до дії і передається ним на відповідні частини автомобіля. Пропускна спроможність каналів сприйняття водія налаштовується на обумовлений особливостями доріг і метою перевезення ритм руху. Залежно від складності дорожньо-транспортної ситуації і умов руху по цих каналах пропускається потік інформації певного обсягу. Середня кількість інформації, що переробляється водієм за одиницю часу, називається пропускнуою спроможністю каналів сприйняття водія [55].

Стомлюваність водія спричиняє як знижений, так і підвищений ритм руху. У першому разі вона виникає внаслідок сенсорного голодування, у

другому – через перевантаження водія великою кількістю операцій щодо аналізу дорожніх обставин та управління автомобілем.

Інтенсивність інформаційного потоку визначають так [55]:

$$I = \frac{H(v) - H\left(v/\hat{\sigma}_v\right)}{T}, \quad (1.6)$$

де  $H(v)$  – ентропія системи щодо однієї фазової координати, швидкості  $v$ ;

$H\left(v/\hat{\sigma}\right)$  – ентропія системи після отримання інформації про величину середньоквадратичних відхилень швидкості  $v$ ;

$T$  – період часу, протягом якого оцінюється величина середньоквадратичного відхилення, вибраний виходячи з часу забування водія.

При цьому система «автомобіль – дорога» описана однієї фазової координатою – швидкістю руху  $v$ . Ентропію системи визначають за такою формулою [55]:

$$H(v) = - \int f(v) \log_2(f(v)) dv, \quad (1.7)$$

де  $f(v)$  – щільність розподілу швидкості автомобіля.

За даними експериментальних досліджень [19], розподіл швидкостей обумовлюється сталим законом з математичним очікуванням  $m_v$  і дисперсією  $\sigma_v^2$  [55]:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v - m_v)^2}{2\sigma_v^2}} \quad (1.8)$$

У такому разі ентропія системи  $H(v)$  виражається через дисперсію  $\sigma_v^2$  за формулою [55]:

$$H(v) = \log_2\left(\sqrt{2\pi e \sigma_v^2}\right). \quad (1.9)$$

Тоді умовна ентропія після отримання інформації про величину  $\sigma_v$  і оцінка інтенсивності потоку інформації будуть виражені так [55]:

$$H(v/\sigma_v) = \log_2 \left( \sqrt{2\pi e \sigma_v^2} \sqrt{1 - \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2}} \right), \quad (1.10)$$

$$I = -\frac{1}{2T} \log_2 \left( 1 - \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2} \right) \cong \frac{1}{2T} \cdot \frac{\sigma_v^2}{\sigma_v^2}. \quad (1.11)$$

Щоб оцінити ступінь складності керування автомобілем необхідно визначити пропускну спроможність водія. Вона включає в себе такий відомий вимірювач психофізіологічних властивостей водія, як час реакції.

Щоб визначити пропускну спроможність через функцію часу, робиться припущення про те, що швидкість змінювання цієї спроможності пропорційна різниці між нею та інтенсивністю потоку інформації [55]:

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{1}{\theta} [I - \Pi], \quad (1.12)$$

де  $\theta$  – час перебудови режиму водіння.

Застосувавши відповідні перетворення, приведемо рівняння до такого вигляду [55]:

$$\Pi(t) = C e^{-t/\theta} + \int_{-\infty}^t I(\tau) e^{-\frac{(\tau-t)}{\theta}} d\tau. \quad (1.13)$$

Перший член дає змогу врахувати початкове значення пропускну спроможності. Якщо автомобіль рухається довго, то вплив початкового значення є неістотним і першим членом можна знехтувати.

Для вимірювання складності управління пропонується використовувати коефіцієнт акомодатії, що виражає ступінь відповідності швидкості надходження інформації з дороги і пропускну спроможності водія:

$$K_a = \frac{I(t)}{\Pi(t)}, \quad (1.14)$$

де  $K_a$  – коефіцієнт акомодатії;

$I(t)$  – інтенсивність інформаційного потоку від дорожніх обставин за період  $t$ ;

$\Pi(t)$  – пропускна спроможність каналу сприйняття водія за період  $t$ .

Якщо значення  $K_a$  більше за одиницю то інтенсивність надходження потоку інформації перевищує пропускну спроможність каналів сприйняття водія, а тому можлива ймовірність виникнення ДТП [55].

Якщо значення коефіцієнта акомодатії менше за одиницю, дорожні умови або ситуацію, наявні в момент вимірювання величини коефіцієнта, можна вважати малонебезпечними.

Незначна кількість пригод поблизу перехресть пояснюється тим, що водій, узаховуючи закон змінювання потоку інформації на попередньому перехресті, готовий до сприйняття інформації на наступному перехресті і, налаштовується на певне зниження швидкості. З інформаційного погляду у такому разі значення  $I(t)$  і  $\Pi(t)$  повністю співпадають.

У разі наближення до перехрестя, де необхідно застосувати інший закон зниження швидкості, відмінний від застосованого на попередньому перехресті, утворюється несинхронність у значеннях  $\Pi(t)$  і  $I(t)$ . Збільшення значення  $I(t)$  призводить до появи тимчасового інтервалу з коефіцієнтом акомодатії, що перевищує одиницю. Для виявлення цієї несинхронності необхідно порівняти дві залежності  $I(t)$ : отриману внаслідок вимірювання швидкості на попередньому і на досліджуваному перехресті. Перша залежність визначає змінювання пропускну спроможності каналів сприйняття водія. Таким чином, можна аналітично підрахувати ступінь складності керування автомобілем на заданому перехресті.

Під час управління автомобілем водій постійно відчуває динамічне змінювання інформаційного поля навколо себе. Ступінь його спроможності адекватно сприймати інформацію і своєчасно реагувати на мінливу дорожню обстановку має вирішальне значення для безпеки дорожнього руху (БДР).

Сприйнята інформація трансформується в «чуттєвий образ» у центральній нервовій системі водія, який надалі перекодовується для подання, адекватного певному об'єктові. Виникле при цьому психічне зображення відтворює властивості й структуру об'єкта. У процесі осмислення водієм сприйнятої інформації, реалізується на рівні трудових процесів, важливу роль відіграє гіпотеза, суть якої полягає в тому, що за окремими, розрізненими частинами інформації, переданої за допомогою нижчих кодів (різноманітність об'єктів, явищ), визначаються вірогідні вищі коди.



Сприйманий суб'єктивний образ (психічне зображення) детермінується ставленням водія до певного об'єкта, а кількість одержуваної при цьому інформації залежить від ступеня ознайомленості з об'єктом, кількості знань про нього, загального стану й пропускної спроможності рецепторного апарату аналізаторів, а також від ступеня фонових перешкод, що виникають під час дії постійних або випадкових побічних подразників.

Приймання та оброблення інформації завершуються руховим актом водія, якій керує автомобілем [56].

Інформація різними каналами зв'язку передається з різною швидкістю, яка обумовлюється їхньою пропускною спроможністю. Пропускною спроможністю каналу називається максимальна швидкість, з якою канал може передавати інформацію за одиницю часу. Пропускна спроможність людини в різних дослідженнях має значні розбіжності. Наприклад, за даними Д. С. Міллера, В. Ю. Глезера, І. І. Цукермана, вона змінюється в межах від 5–6 біт/с до 50–70 біт/с [3].

Пропускна спроможність водія як елемента системи «людина – техніка» (ЛТ) обумовлюється різновидом розв'язуваного ним завдання, ступенем його участі в роботі системи, обсягом виведеної інформації, розміром літер, яскравістю, контрастністю, розмірами символів. У разі рівномірного надходження будь-яких символів пропускну спроможність водія як оператора визначають за формулою [57, 58]:

$$C = \frac{n \log_2 N}{T}, \quad (1.15)$$

де  $T$  – час відображення інформації, с;

$n$  – кількість правильно впізнаних символів, од;

$N$  – довжина алфавіту або кількість символів, що надаються людині в процесі функціонування системи ЛТ.

Оптимальна швидкість приймання і перероблення інформації, яка сприймається усіма рецепторами та аналізаторами водія як оператора, дорівнює 0,1–5,5 біт/с. Зменшення частоти надходження спричиняє зниження активності людини-оператора, а збільшення – зменшує швидкість приймання й переробки інформації [59].

Узгодженість потоку  $F_M$  інформації, що надходить на засоби її відображення в системах ЛТ, і потоку  $F_c$  інформації, яка сприймається, переробляється і передається людиною-оператором, визначається

умовою [57]:

$$F_q \geq F_M + F_P + F_{II}, \quad (1.16)$$

де  $F_M$  – мовна інформація;

$F_P$  – речова інформація;

$F_{II}$  – письмова.

Якщо,  $F_q \geq F_M + F_P + F_{II}$  людина спроможна переробити інформацію, що надходить за допустимий час  $T_{q, \text{доп}}$ , тобто в такому разі дотримується умова  $T_q < T_{q, \text{доп}}$ .

Перероблюваний людиною загальний обсяг інформації в системі ЛТ за одиницю часу визначають так [57, 60]:

$$I = I_u + I_k + I_z = \sum_1^{m_6} \Delta I_6 + \sum_1^{m_k} \Delta I_k + \sum_1^{m_z} \Delta I_z, \quad (1.17)$$

де  $I_u, I_k, I_z$  – норми інформації, що передається каналами впливу, контролю та зв'язку відповідно, які забезпечують функціонування системи ЛТ за заданою програмою;

$\Delta I_6, \Delta I_k, \Delta I_z$  – норми інформації, що надходить від окремих давачів каналів впливу, контролю та зв'язку відповідно;

$m_6, m_k, m_z$  – кількість входжень системи ЛТ, на які людина-оператор впливає, і сумарна кількість давачів сигналів контролю та зв'язку в кожному каналі відповідно.

Загальний час, що витрачається оператором на інформаційний пошук, визначають за формулою [57]:

$$t_{u.n.} = \sum_{j=1}^v \Delta t_j \cdot n_j, \quad (1.18)$$

де  $\Delta t_j$  – середній час пошуку одного елемента  $j$ -ї групи;

$n_j$  – кількість звернень до елементів  $j$ -ї групи;

$v$  – кількість груп елементів.

Якщо кількість об'єктів перевершує обсяг оперативної пам'яті, використовуючи циклічне сканування інформаційного поля, переходять до послідовних. У цьому разі кількість сканувань стає однаковою з кількістю

градацій шкали пріоритетності, або, що таке саме, кількості класів об'єктів [61].

Система ВАДС за формою є слідкуючою. У системі водій забезпечує змінювання вихідної характеристики таким чином, що вона стежить за змінюванням вхідного сигналу. Наприклад, водій змінює траєкторію і швидкість руху відповідно до мінливого дорожнього середовища. Процес стеження може мати три різновиди: компенсаторний, слідкуючий і слідкуючий з передбаченням [3].

У разі застосування компенсаторного стеження водій сприймає лише помилку між заданими та фактичними станами автомобіля. Такий тип стеження характерний для утримання заданої відстані від автомобіля до окрайки або осі проїзної частини дороги (керування автомобілем за допомогою кермового колеса). Характерною особливістю компенсаторного стеження є постійність значення вхідного сигналу в часі.

Слідкуюче стеження різниться тим, що водій сприймає не тільки величину неузгодженості між заданим і фактичним станом автомобіля, але й самі стани, їхні параметри. Обсяг сприйняття за такого спостереження збільшується. Водій бачить не тільки, як змінюються відстані між автомобілем і окрайкою проїзної частини, а й вигини дороги, зустрічні автомобілі, пішоходів тощо. Такий тип стеження характерний для орієнтації водія щодо автомобілів зустрічного транспортного потоку. Ознакою стеження, що переслідує, є випадковість сигналу.

У разі використання слідкуючого з передбаченням стеження водій миттєво ліквідує неузгодженість між заданим і фактичним станом автомобіля. Такий тип стеження можливий тільки у разі, якщо водій має великий досвід роботи і може передбачати змінювання дороги.

За компенсаторного стеження й такого, що переслідує, водій працює в замкнутому контурі управління: вихідна характеристика системи подається на її вхід. За спостереження з передбаченням водій працює у відкритому контурі управління. Зворотний зв'язок ослаблений. Різноманітність дорожніх ситуацій призводить до того, що робота водія в режимі спостереження з передбаченням стає явищем вкрай короткочасним. Зазвичай застосовують компенсаторне стеження і таке, що переслідує. Слідкування з передбаченням властиве дуже досвідченим водіям, які неодноразово їздили вже відомою дорогою. Як наслідок, у них формується уявлення про особливості заданої функції (змінювання параметрів дорожнього середовища в часі). У таких водіїв формуються динамічні стереотипи дій (системи взаємозалежних умовних рефлексів), що змінює зміст концептуальної моделі, за допомогою

якої з самого початку контролювався процес регуляції керувальних рухів. Руховий процес відбувається поза свідомістю. Стеження за рухами відбувається лише за деякими ознаками внутрішнього стану організму водія. Все це дає змогу водієві виконувати керувальні дії автоматично, а увагу зосереджувати на значащих сигналах дорожнього середовища [3].

Недостатньо досвідчений водій змушений стежити за своїми діями, що ускладнює сприйняття розмаїття сигналів дорожнього середовища.

Особливої уваги потребує вивчення поведінки водія в аварійних ситуаціях. Вирішальну роль у таких ситуаціях відіграє інтервал часу, необхідний для прийняття рішення, і кількість інформації, що надходить із середовища за одиницю часу.

В імпульсивній поведінці командним сигналом для вчинення дій є емоції. За формулою Т. Стокфельта дія [1, 2, 62]:

$$D_v = E \leftrightarrow (E_e - I_m) \leftrightarrow C, \quad (1.19)$$

де  $E$  – величина емоційного імпульсу;

$C$  – кількість знань (звичка);

$E_e$  – позитивна тенденція до виявлення навику (потенціал збудження);

$I_m$  – негативна тенденція до виявлення навику.

Ця залежність свідчить про те, що в аварійної ситуації емоції відіграють роль командного сигналу до вчинення дії [63]. Така зміна внутрішнього стану організму, як емоційне напруження, є контролюючою під час процесу керування автомобілем.

Поведінка водія в системі ВАДС визначається часом запізнювання, статичною і динамічною характеристиками, передавальною функцією.

Час запізнювання (латентний період) – відрізок часу, протягом якого після зовнішнього впливу вихідні характеристики водія не змінюється. Цей час витрачається на сприйняття інформації, її оброблення, прийняття рішення і передавання її виконавчим органам. Тривалість часу запізнювання визначають за такою формулою [1, 64]:

$$\tau = \tau_0 + \frac{a_{26}}{\lg(J/J_0)}, \quad (1.20)$$

де  $\tau$  – час запізнення, с;

$\tau_0$  – мінімальний час запізнення в разі великої інтенсивності, с;  
 $J/J_0$  – відношення даної інтенсивності до інтенсивності, що відповідає пороговій умові;

$a_{26}$  – стала, що залежить від типу подразника, умов руху і стану водія.

Мінімальний час запізнення  $\tau_0$  на об'єкт, що рухається, приблизно дорівнює 0,15 с.

Цей час істотно залежить від складності дорожньої ситуації, у якій водієві доводиться керувати автомобілем. Так, залежно від кількості інформації  $H$ , що припадає на один подразник, час запізнювання:

$$\tau = a_{27} + a_{28}H, \quad (1.21)$$

де  $a_{27}, a_{28}$  – постійні ( $a_{27} \approx 0,15$  с,  $a_{28} \approx 0,03$  с/бит).

Кількість інформації можна визначити за формулою К. Шеннона [1]:

$$H = -\sum_{i=1}^{n_6} p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (1.22)$$

де  $p_i$  – імовірність появи одного подразника;

$n_6$  – кількість альтернативних подразників.

Залежно від кількості логічних умов час запізнення описується формулою [1,2]:

$$\tau = 1,6a_{29}^{n_i}, \quad (1.23)$$

де  $n_i$  – кількість логічних умов;

$a_{29}$  – коефіцієнт, що обумовлюється ступенем автоматизації процесу прийняття рішення (1,5–2,0);

1,6 – час запізнення у разі граничної кількості інформації, яка може зберігатися в короткочасній пам'яті.

Залежно від величини перевантаження час запізнення описується формулою [1,2]:

$$\tau = 0,21 \cdot \left(1 + \frac{x}{l_n}\right) + r_2 \cdot (0,01 + 0,5 \frac{x}{l_n}), \quad (1.24)$$

де  $r_2$  – величина перевантаження в одиницях g;

$x$  – відстань від напряму погляду людини до подразника в площині, перпендикулярній до лінії погляду, м;

$l_n$  – відстань від людини до площини розміщення подразника по лінії погляду, м.

Автори робіт [16, 65, 66] у своїх дослідженнях вказують на необхідність урахування під час моделювання транспортних потоків та організації дорожнього руху людського чинника.

Такі психофізіологічні якості водія, як час його реакції, стаж роботи, темперамент тощо у своїх роботах розглядали й інші дослідники [1, 2, 50, 65, 67].

Автор роботи [67] пропонує визначати пропускну здатність дороги урахуовуючи час реакції водія:

$$N = \frac{3600}{t_p}, \quad (1.25)$$

де  $N$  – пропускну здатність дороги, авт/год;

3600 – кількість секунд у одній годині;

$t_p$  – час реакції водія, с.

Такий самий підхід до визначення пропускну здатності дороги прослідковується і в роботі [10]:

$$P = \frac{3600V_0}{t_p V_0 + 2(l_0 + l_a)}, \quad (1.26)$$

де  $P$  – пропускну здатність дороги, авт/год;

$V_0$  – швидкість руху, що відповідає максимальній інтенсивності, км/год;

$t_p$  – час реакції водія, с;

$l_0$  – безпечна відстань між автомобілем, що рухається попереду, м;

$l_a$  – довжина автомобіля, м.

## 1.2 Екологічні наслідки транспортних заторів

Транспортні затори на перехрестях у пікові періоди значно подовжують час пересування і сповільнюють швидкість руху транспорту. Перебування в

транспортних заторах негативно позначається на психофізіологічному стані водія, спричиняючи погіршення його функційного стану і психічні розлади [3, 8, 18, 68–101].

Транспортні затори також негативно впливають на екологічну обстановку в місті, оскільки в повітрі потрапляють токсичні речовини, що містяться у відпрацьованих газах автомобілів, які є найнебезпечнішими забруднювачами навколишнього середовища [10, 102–104].

У відпрацьованих газах міститься більше ніж 1 000 різних шкідливих речовин, які негативно впливають на людину і навколишнє середовище, 200 з них розпізнано.

Основними шкідливими речовинами серед них є:

- оксиди вуглецю;
- вуглеводні;
- альдегіди;
- канцерогенні речовини, до яких належать складні ароматичні вуглеводні, поліциклічні за будовою;
- оксиди азоту;
- сполуки сірки;
- тверді частинки (здебільшою сажа, яка складається з вуглецю);
- сполуки свинцю.

Транспортні затори впливають на чіткість тимчасових показників діяльності водія, які залежать, зокрема, від температури, тиску і вологості навколишнього повітря, освітленості робочого місця, шуму, вібрацій, варіацій енергетичних характеристик сигналів, що сприймаються водієм і низкою інших факторів, що відображають специфіку певної системи ЛТ. Кожен з цих факторів впливає на один або декілька аналізаторів людини, наприклад слуховий, зоровий, вестибулярний, і через них – на організм загалом. Стан газоповітряного середовища впливає й на мовлення людини.

Комфортними для більшості людей вважаються умови за температури навколишнього середовища – 20–22 °С, вологості в межах 30–60 % і швидкості руху повітря не більше ніж 0,2 м/с. Температура повітря біля поверхні, на якій розташовані ступні ніг, і на рівні голови не повинна відрізнятися більш ніж на 5 °С, а максимальна температура на робочому місці не має перевищувати 29 °С.

Автомобіль є одним з найбільш потужних джерел забруднення навколишнього середовища отруйними речовинами відпрацьованих газів. Простоювання автомобілів у транспортних заторах із працюючими

двигунами збільшує концентрацію отруйних речовин у навколишньому середовищі.

Кількість автомобілів у світі постійно збільшується. Автомобільний транспорт світу щорічно витрачає понад 600 млн т нафтового палива. Легковий автомобіль під час перебігу 1–1,5 тис. км споживає річну норму кисню на одну людину. У двигуні автомобіля використовується в 45 разів більше кисню, ніж необхідно одній людині [10].

У США 60 % усіх забруднень повітря спричиняє рух автомобілів; у Нью-Йорку, Лос-Анджелесі, Токіо й багатьох інших містах світу цей показник досягає 90 % [10].

Рівень забруднення атмосферного повітря обумовлюється якісним і кількісним складом відпрацьованих газів, типом двигуна, технологічним станом, потужністю, режимом роботи, різновидом застосовуваного палива.

На частку бензинових двигунів порівняно з іншими припадає 97–99 % викидів оксиду вуглецю і вуглеводнів, а також 88 % оксидів азоту.

На сьогодні на частку автотранспорту у великих містах припадає 60–90 % викидів оксиду вуглецю, тому поняття «забруднення навколишнього середовища автотранспортом» часто ототожнюють з поняттям «забруднення навколишнього середовища оксидом вуглецю» [105].

На працездатність людини значно впливає шум, який може спричинити функційні зміни в організмі та професійне ураження органів слуху [10, 106, 107].

Шум – сукупність звуків. Звукова хвиля характеризується звуковим тиском, швидкістю поширення, інтенсивністю.

Внокремлюють два різновиди шуму.

Аеродинамічний шум виникає внаслідок газообміну в двигуні під час процесів впускання свіжого заряду й випускання відпрацьованих газів, а також унаслідок взаємодії лопатей вентилятора з повітрям.

Механічний шум спричиняють процес згоряння і динамічні процеси в кривошипно-шатунном, газорозподільному механізмах, системах змащення, охолодження, харчування тощо. Аеродинамічний шум створює повітряне середовище, механічний шум – зовнішня поверхня двигуна й агрегати автомобіля. Під інтенсивністю звукової хвилі розуміють енергію, яка переноситься звуковою хвилею через одиничну площадку, перпендикулярну до напрямку поширення хвилі, за одиницю часу.

Вухо людини сприймає звуки, рівень сили яких розташований у межах 0...140 дБ над пороговим нульовим шумом, до того ж верхня межа співвідноситься із порогом відчуття болю.



Під впливом шуму погіршується спроможність до оцінювання рельєфу і дистанції. Може спостерігатися й ілюзорне переміщення предметів у просторі. Подібні розлади зору виникають, якщо рівень шуму понад 85–90 дБ. На думку французьких дослідників, рівень шуму в кабіні або салоні автомобіля не має перевищувати 80 дБ [10].

Якщо одночасно з шумом з'являється вібрація, то шкідливість їхнього впливу на організм людини посилюється. Вібрація з великою частотою і малою амплітудою чинить на людину найбільш несприятливий вплив, спричиняючи головні болі, втому, напруження зору [108]. Вібрація обладнання робочих місць не повинна посилювати загальну вібрацію, інтенсивність якої перевищувала б 90–100 дБ на частотах 0–4 Гц і 95 дБ – на частотах вище ніж 4 Гц.

Вплив на людину зовнішнього середовища і різноманітних внутрішніх факторів у загальному вигляді можна описати такою функцією [57]:

$$\psi = \psi(x_1, x_2, \dots, x_m, F, \Omega), \quad (1.27)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – фактори зовнішнього середовища (атмосферний тиск температура навколишнього повітря і його вологість, гравітація, радіація тощо);

$F$  – емоційний фон;

$\Omega$  – внутрішні «шуми» в нервовій системі людини.

Функція  $\Psi$  є комплексним поправним коефіцієнтом, що поєднує стан людини в разі впливу різних несприятливих чинників і його стан за відсутності таких. Унаслідок перебудування внутрішніх параметрів організму вплив на нього зовнішніх чинників зменшується. Змінюючи внутрішні параметри організм досягає стійкого стану, і функція  $\Psi$  стає постійною. Проте такий стан організму зберігається лише за певних значень параметрів  $x_1, x_2, \dots, x_m$  зовнішнього середовища. Якщо ж останні виявляться вищими за деякий припустимий рівень, працездатність людини в системі ЛТ погіршується, відповідно зменшується значення функції  $\Psi$  [57].

Показник продуктивності праці людини в системі ЛТ можна подати як функцію відгуку  $z(X, t)$ , що має такий вигляд [57]:

$$z(X, t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \sum_{i=1}^m (b_i + b_{ii}) x_i + \sum_{i < j}^m b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m c_i x_i^2, \quad (1.28)$$

де  $a_0, a_1, a_2, b_i, c_i$  – постійні коефіцієнти функційного ряду за змінних  $t, x_i, x_j$ , відображають поточний час роботи, температуру зовнішнього середовища, освітленість робочого місця і виробничий шум.

### **1.3 Діяльність водія та її фізіологічні основи**

Базовими для роботи оператора будь-якої системи є так звані інформаційні моделі. Інформаційна модель – це сукупність поточної інформації, що дає оператору цілісне уявлення про стан об'єкта управління та зовнішнього середовища. Інформаційною моделлю для водія автомобіля є сукупність інформації про стан дороги, середовища руху й автомобіля, на підставі якої він створює цілісне уявлення про стан свого автомобіля в системі ВАДС у певний момент [109].

Найважливішу інформацію водій автомобіля отримує у вигляді реальних образів від дороги, середовища, руху автомобіля і лише незначну частину – за допомогою показів контрольних приладів. Лише невелика частина інформації, отримана таким чином, потребує декодування. На підставі всієї інформації, отриманої водієм, формується інформаційна модель, яка відображає стан автомобіля в певній дорожній обстановці протягом відповідного відрізка часу. Інформацію оцінюють, зіставляючи її з концептуальною моделлю ситуацій [1, 2]. Концептуальна модель становить собою узагальнене уявлення про способи вирішення завдань керування в разі зміни стану об'єкта, можливі порушення, відмови, аварії тощо. Концептуальна модель – це уявний образ дій водія під час керування автомобілем на найближчий час. Дані, відображені в інформаційній моделі, доповнюються необхідними відомостями з минулого досвіду, що в сукупності і призводить до формування концептуальної моделі, якою водій керується в разі прийнятті рішень та виконання необхідних керівних дій.

У формуванні концептуальної моделі велику роль відіграють не тільки безпосереднє сприйняття об'єктів, ситуацій тощо, а й створені людством знакові системи (мова, карти, креслення та ін.). Людина, що володіє методами роботи зі знаками та знаковими системами, може порівняно легко сформувати концептуальну модель тієї чи іншої ситуації, навіть у тому разі, якщо вона її ніколи не сприймала. Водночас знакові системи, що використовуються в процесі керування, є надійним засобом збереження та уточнення концептуальної моделі.

Для безпеки дорожнього руху велике значення має здатність водія передбачати змінювання дорожньої обстановки, щоб мати можливість за допомогою відповідних цілеспрямованих дій попередити виникнення

небезпечних ситуацій. Таке передбачення майбутнього перебігу подій називають прогнозуванням. Здатність до прогнозування свідчить про високий рівень майстерності водія. Прогнозування є можливим, оскільки в корі головного мозку постійно відбувається процес створення концептуальних моделей.

Під час розроблення форм і способів передавання інформації людині в системах ЛТ необхідно врахувати особливості процесів не тільки її приймання, але й прийняття рішень. У зв'язку з цим важливою є проблема співвідношення повноти відображення подій і обсягу переданої інформації. З одного боку, що повніше відображається об'єкт управління та навколишнє середовище, то більше можна розраховувати на те, що людина прийме правильне й своєчасне рішення. З іншого боку, виконання вимоги повноти відображення може призвести до перевантаження інформацією, тобто передачі такого об'єму інформації, який буде важко опрацювати, що призведе до сповільнення прийняття рішення.

Процес отримання, переробки інформації та її реалізації в діяльності водія розподіляють на п'ять етапів.

Перший етап – приймання інформації. На цьому етапі відбувається активне виявлення, видокремлення й сприйняття потрібних сигналів навколишнього середовища. Джерелом інформації для водія є об'єкти, що розташовані на проїжджій частині дороги, стан дороги і середовища руху, простір біля дороги, світлофори, дорожні знаки, покази приладів, шум двигуна і шум, що виникає під час тертя коліс об ґрунт, вібрація та інші сигнали, що надають інформацію, необхідну для орієнтування в дорожній обстановці. У водія виробляються навички вибіркового сприйняття найбільш важливої в певний момент інформації. Труднощі в прийнятті інформації виникають унаслідок її недостатнього або надлишкового надходження.

Другий етап – перероблення інформації, що відбувається шляхом впізнавання, оцінювання й зіставлення інформації, що надходить і дає змогу скласти цілісне уявлення про стан об'єкта управління (автомобіля), його розміщення щодо інших учасників руху. Сприймана ситуація оцінюється водієм з метою її збереження або зміни. Для сприйняття й оцінювання ситуації іноді потрібна мить, але в складних випадках цей час може зрости, що іноді пояснюється і нестачею необхідної інформації. Розпочинається пошук відсутньої інформації, що досягається шляхом зіставлення минулого досвіду з певними дорожніми обставинами. Важливим чинником у процесі перероблення інформації є прогнозування, тобто передбачення змінювання дорожньої обстановки та виконання дій, які попереджують можливість

виникнення аварійної ситуації. Так, наприклад, досвідчений водій, враховуючи можливість гальмування автомобіля, що їде попереду, дотримується безпечної дистанції або, у разі поганої видимості, знаючи, що гальмівний шлях має бути меншим за відстань видимості, дотримується відповідної безпечної швидкості. Зазвичай ДТП відбувається внаслідок неправильного оцінювання водієм дорожньої ситуації, невміння передбачити найближчі зміни в ній одразу, а не внаслідок запізнілих дій.

Третій етап – прийняття рішень. Якщо оцінка ситуації передбачає однозначне рішення, то вибір рішення не відбувається. За наявності декількох можливих рішень водій обирає оптимальний варіант. Однак у цьому разі збільшується час прийняття рішення. Воно збільшується і в разі прийняття особливо відповідального рішення. Швидкість і правильність рішення обумовлюються професійним досвідом та індивідуальними психофізіологічними особливостями водія. Якщо водій бачить пішохода, який перебігає дорогу, у його свідомості виникає модель пішохода, що рухається і автомобіля, і, якщо зіставлення поточної інформації та минулого досвіду дають змогу оцінити ситуацію як безпечну, він може не гальмувати. Динаміка таких моделей, що виникають у корі головного мозку водія, випереджає змінювання обставин, що дає змогу водієві прогнозувати свої дії.

Четвертий етап – виконання рішень, тобто дії органів керування відповідно до прийнятих рішень. Робочі рухи складаються з двох основних фаз: пошукової (рух кінцівки з робочого положення до певного важеля або педалі керування) і виконавчої (власної дії). Швидкість і точність дій залежать від ступеня автоматизації рухових навичок. У разі недостатньої автоматизації пошукові дії виконуються свідомо і контролюються зором. Якщо навички автоматизовані достатньо, пошуковий і виконавчий етапи об'єднуються в один руховий акт, який виконується без участі зору, автоматично, але під контролем м'язово-суглобового відчуття і свідомості. Такий спосіб дій значно скорочує час виконання рішень.

П'ятий етап – контроль за виконаною дією, який здійснюється за допомогою зворотного зв'язку, що є інформацією про результати керувальних дій водія. Головну інформацію водій отримує за допомогою змінювання положення та динаміки автомобіля на проїжджій частині дороги відносно рухомих і нерухомих об'єктів на дорозі та поблизу неї, а також за допомогою змінювання напруги м'язів і амплітуди рухів, положення важелів, педалей і сили їхнього опору м'язовим впливам, показів приладів, інтенсивності шуму, вібрацій тощо. Уся ця інформація по каналах зворотного зв'язку надходить до органів відчуттів і після її перероблення є базовою

для оцінювання змінених обставин, прийняття нового рішення і виконання нової дії [3].

Найраціональнішим способом є передавання інформації такими частинами, кожна з яких не перевищувала б можливостей людини щодо її приймання, а всі разом вони забезпечували б необхідну повноту відображення [109].

Найбільш повно проблема фізіології активності щодо аналізу поведінки розроблена П. К. Анохіним у його теорії функційних систем, що є базою фізіологічної архітектури цілеспрямованого поведінкового акту. За П. К. Анохіним функційна система становить собою динамічно сформовану організацію, яка вибірково об'єднує різні центральні й периферійні апарати на базі їхньої взаємодії для одержання корисного для організму результату [109, 110].

Це дало змогу розглядати функційну систему як замкнуте фізіологічне утворення з безперервною зворотною інформацією про успішність певної пристосувальної дії [109].

У роботі водія провідне місце у забезпеченні безпеки руху займає увага. Під час аналізу причин ДТП, пов'язаних з неправильними діями водія, висновок про неуважність водія робиться найчастіше. З цим фактором пов'язують від 16 до 34 % ДТП, що свідчить про різне трактуванні цього поняття [3].

Обсяг уваги – це кількість об'єктів, які можуть бути сприйняті одночасно і чітко. Одночасно людина може спостерігати 4–6 об'єктів, а на дорозі – не більше двох-трьох знаків [111, 112]. Це пояснюється тим, що увага водія, крім сприйняття об'єктів на дорозі, зосереджена на виконанні керуючих дій, контролі за роботою двигуна, зчитуванням показів приладів, оголошенням зупинок (на автобусі) тощо. Цю особливість потрібно враховувати під час організації дорожнього руху. Кількість дорожніх знаків, які одночасно сприймає водій, повинна становити не більше трьох об'єктів.

Велике значення в роботі водія мають також вольові якості. У психології воля визначається як свідоме регулювання людиною своєї поведінки й діяльності, що відображається в умінні долати внутрішні й зовнішні перешкоди під час здійснення цілеспрямованих дій і вчинків.

А. Ц. Пуні [113, 114] переконливо довів своєрідність і динамічність структури волі стосовно різних видів спорту. Сформульовані ним теоретичні положення мають узагальновільне значення і можуть бути поширені на трудову діяльність. А. Ц. Пуні пропонує розглядати сукупність вольових якостей (властивостей) як рухливу, динамічну систему, ланки якої можуть

по-різному співвідноситися, пов'язуватися між собою, утворюючи певну структуру.

Воля – це здатність людини керувати своїми діями і вчинками. Вольова людина завжди може контролювати свою діяльність і направляти її на досягнення поставлених цілей. Воля виявляється в умінні змусити себе зробити те, що необхідно, нейтралізувати бажання й потяги, які цьому перешкоджають. Особливо яскраво виявляється вона, коли діяльність є відповідальною, насиченою емоціями, пов'язана з небезпекою.

Дослідження М. Н. Ільїної [115] довели, що вольові властивості та їхня динаміка обумовлюються не тільки природними особливостями людини, а й соціальними факторами.

Перебування у транспортному заторі негативно впливає на психофізіологічні якості водія. До того ж погіршується його функційний стан. Підвищення емоційної напруженості призводить до тимчасового розладу деяких психічних функцій водія, збільшується часу його реакції [3].

Реакції бувають прості й складні. Проста реакція полягає в швидкій реакції на заздалегідь відомий подразник. Складна реакція пов'язана з вибором правильної дії серед кількох альтернативних. Розрізняють прихований (латентний) і моторний періоди будь-якої реакції. Латентний період – це час від початку появи подразника до моменту реагування на нього. Моторний період – це час виконання відповідної дії. У роботі водія величезну роль відіграє латентний період складної реакції. Його тривалість залежить від досвіду, навичок і стану водія, його індивідуально-психологічних особливостей, а також від дорожньої обстановки. Складна реакція потребує значно більше часу, ніж проста. Час реакції залежить від напруження уваги водія. Раптова поява небезпеки значно збільшує час реакції. Якщо водій має запас часу для підготовки і виконання маневру, час реакції приймають рівним 0,75 с, а якщо небезпека з'являється несподівано – 1,5 с [3].

Р. В. Ротенберг шляхом досліджень експериментально встановив середню величину часу реакції під час екстреного гальмування – 1,236 с [116]. Водночас автори вважають, що час реакції не можна визначити, тому можна говорити лише про ймовірність цього показника. Так, показник 1,236 с отримано з імовірністю 50 %. Встановлено залежність часу реакцій від оцінок, що характеризують професійну майстерність водіїв. Так, у разі екстреного гальмування час реакцій найкращих водіїв становить до 1,16 с, у хороших – 1,16–1,60 с, у звичайних – понад 1,60 с. У всіх випадках час реакції перевищувало середній показник – 0,8 с.

У роботах [3, 18] автори досліджували психофізіологічні і медичні особливості поведінки водіїв. Результати деяких досліджень щодо змінювання часу реакції водія наведено в роботах [3, 67]. У роботі [117] досліджується вплив швидкості на час реакції водія. Дослідники вимірювали час реакції водіїв за допомогою різних методів і в різних ситуаціях [118–123]. Автори робіт [124, 125] визначали час реакції молодих і літніх водіїв.

Однак у цих роботах не повною мірою розглянуто питання впливу початкового стану водіїв на час їхньої реакції в період перебування в транспортних заторах і корках. Також мало досліджений вплив віку водія на час його реакції.

#### **1.4 Фактори, що впливають на надійність роботи системи «водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище»**

Робота системи «водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище» (ВТПС) обумовлюється безліччю факторів, більшість з яких істотно впливають на ефективність, надійність і безпеку її функціонування. Отже, необхідно визначити головні фактори, що впливають на надійність роботи цієї системи.

Автор роботи [126] під час відбору факторів рекомендує дотримуватися таких умов:

- 1) перелік охоплених вивченням факторів необхідно обґрунтувати теоретично;
- 2) до переліку необхідно включати найважливіші фактори, які найістотніше впливають на змінювання об'єкта;
- 3) перелік не повинен бути занадто великим, але функцію він має описувати у всіх можливих аспектах;
- 4) фактори не повинні мати функційних зв'язків, оскільки наявність функційних або подібних до них зв'язків між ними свідчить про те, що вони характеризують досліджуване явище однобічно. Із двох зв'язаних факторів потрібно обирати той, що впливає найбільше;
- 5) потрібно визначити області визначення факторів;
- 6) необхідно враховувати умови змінювання факторів у часі.

Відповідно до цих рекомендацій було встановлено групи факторів і самі фактори, що впливають на систему «водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище» (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Фактори, що впливають на роботу системи  
«водій – транспортний засіб – процес транспортування – середовище»

До факторів, що характеризують водія, належать:

- вік водія;
- стаж водія;
- стать водія;
- тип нервової системи;
- його початковий стан.

Факторами, що характеризують транспортний засіб, є [8]:

- об'єм двигуна;
- потужність двигуна;
- ергономічна характеристика транспортного засобу.



Ергономічні характеристики транспортного засобу визначали на підставі досліджень, викладених у роботі [8]. Згідно з цими дослідженнями, ергономічні характеристики транспортного засобу можна оцінити за відношенням ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна.

Процес транспортування характеризується такими факторами:

- швидкістю;
- тривалістю транспортного затору.

До факторів, що характеризують середовище, належать:

- кількість смуг;
- коефіцієнт зчеплення з дорогою;
- щільність транспортного потоку.

Наявність декількох смуг дає змогу водієві займати ту смугу, на якій, на його погляд, він зможе найкращим чином вирішити поставлене перед ним завдання.

Коефіцієнт зчеплення з дорогою залежить від пори року, стану і покриття дороги і впливає на швидкість руху [8, 127–131].

## **1.5 Висновки до розділу**

1. Під час формування транспортних потоків у містах важливе значення має людський фактор.

2. Проаналізувавши методи підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста встановили, що наявні методи управління транспортними потоками у містах не повною мірою враховують змінювання функційного стану водія в транспортних заторах і на ділянках вулично-дорожньої мережі.

3. На безпеку дорожнього руху разом з іншими факторами істотно впливають особистісні характеристики водія і його сенсомоторні властивості.

## 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІЙНОГО СТАНУ ВОДІЯ

### 2.1 Працездатність, надійність і функційний стан водія

На сьогодні відомо багато визначень понять «працездатність» і «функційний стан».

Працездатність – обсяг функційних можливостей організму, що характеризуються найбільшою кількістю і якістю виконаної з максимальною інтенсивністю роботи [132].

Працездатність – це спроможність людини до виконання певної діяльності в межах заданих часових лімітів і параметрів ефективності [133].

Також працездатність – це спроможність людини, що визначається станом фізіологічних і психічних функцій та характеризує її здатність виконувати певну діяльність з відповідною якістю та на протязі необхідного інтервалу часу [134].

Автор роботи [135] визначає працездатність як такий рівень ефективності праці, коли вона виявляється максимальною і це не завдає шкоди здоров'ю.

Змінювання працездатності обумовлюється умовами трудової діяльності і підпорядковується фізіологічним закономірностям у процесі праці. Працездатність значною мірою пов'язана з оптимальним і екстремальним регулюванням в організмі людини, які виявляють різний рівень мобілізації його резервних можливостей, межа яких проявляється лише в стресових ситуаціях, коли включається екстремальний рівень регуляції.

Тип працездатності та періодичність її змінювання пов'язані з тривалістю фаз функційного стану людини [1].

Розрізняють такі фази функційного стану [1, 2]:

1) фаза мобілізації – організм мобілізується, людина обмірковує майбутню роботу, збільшується частота серцебиття, поглиблюється дихання;

2) фаза первинної реакції – характеризується деяким зниженням усіх показників. Фізіологічний механізм цієї фази обумовлений зовнішніми гальмуваннями, що виникають унаслідок змінювання особливостей подразника. Ця фаза короткочасна;

3) фаза гіперкомпенсації – займає початковий період роботи. Людина пристосовується до найбільш економного, оптимального режиму виконання

певної функції. У цій фазі не відбувається точної відповідності реакції організму величині навантаження. Організм реагує на навантаження з більшою силою, ніж це необхідно;

4) фаза компенсації – оптимальний режим роботи. Показники функційного стану стабільні, ефективність праці – максимальна;

5) фаза субкомпенсації – рівень фізіологічної реакції знижується, необхідна якість роботи підтримується за допомогою послаблення менш важливих функцій. Компенсація відбувається внаслідок процесів, що менш вигідні енергетично і функційно;

6) фаза декомпенсації – в цій фазі погіршуються показники фізіологічних систем. Фаза субкомпенсації і декомпенсації об'єднується у загальній фазі стомлення;

7) фаза зриву – значний розлад регулювальних механізмів, неадекватність реакцій, різке падіння працездатності, що виникли внаслідок змін в роботі фізіологічних систем. Необхідний тривалий відпочинок, а іноді й лікування.

За допомогою показників ефективності праці працездатність може бути визначена як максимально ефективна діяльність протягом деякого інтервалу часу [136].

Дослідник О. Ю. Буров у своїй праці розробив системи прогнозування працездатності людини-оператора, розглянув системи психофізіологічного забезпечення надійності персоналу теплових електричних станцій [137].

Надійність психофізіологічної оцінки та прогноз працездатності операторів він визначає так:

$$P = P_{nn} \cdot P_{en} (P_{nn} \geq p_{np}) \cdot P_0 (P_{nn} \geq p_{np}, P_{en} \geq p_{enp}), \quad (2.1)$$

де  $P$  – надійність оцінювання (прогнозу) працездатності оператора;

$P_{nn}$  – надійність оцінювання принципової професійної придатності;

$P_{en}$  – надійність оцінювання вікової професійної придатності;

$p_{np}, p_{enp}$  – припустимий рівень надійності прогнозу принципової і вікової професійної придатності відповідно.

Згідно з цією моделлю параметри роботи людини-оператора мають формуватись на підставі професійних знань і умінь, психологічно важливих якостей, функційного стану людини, параметрів навколишнього середовища [137].

Питання зорової працездатності детально розглянуті в роботі [138].

Критерії, відповідно до яких досліджується і оцінюється спроможність людини до виконання зорової роботи, поділяються на дві групи – апіорні й емпіричні.

До апіорних належать критерії, згідно з якими зорова працездатність оцінюється побічно. Головними серед них є:

1) оптико-фізіологічний (якісне й кількісне оцінювання зорових функцій: гострота зору, бінокулярний зір тощо);

2) «інформаційний» (так звана пропускна здатність зору).

Перший здавна застосовують для прогнозування зорової працездатності (наприклад, під час професійного відбору). Другий усе використовується здебільшою для прогнозування працездатності оператора за певних умов освітленості, конструкції пульта управління, інформаційної навантаженості тощо. Наявність і особливості зв'язків між цими двома критеріями все ще не досліджені [138].

До емпіричного належать ті критерії, відповідно до яких зорова працездатність оцінюється безпосередньо за результатами виконання зорової роботи.

Розподільну здатність зору характеризує мінімальна величина (у кутових одиницях) проміжку між двома «детелями», яку розрізняють за оптимальних умов оком спостерігача.

У стандартних умовах дослідження гостроти зору суб'єкта використовують чорні знаки (кільця Ландольта або літери) на білому фоні (контраст перевищує 0,5; освітленість – приблизно 700 лк; коефіцієнт відображення тла – приблизно 80 %). Кутовий розмір деталі, що розрізняють, змінюється від 30 до 10 в разі, якщо відстань дослідження є постійною, що дорівнює 5 м [138].

Виявлення освітленого контуру об'єкта на темному тлі не означає наявності гостроти зору, тому що світну точку або лінію можна помітити, як тільки їх світність перевищить поріг світлочутливості спостерігача. Для цього достатньо кількох квантів світла. Якщо тло також освітлене, освітлений об'єкт визначається залежно не від абсолютної, а від різної або контрастної чутливості спостерігача. Така функція має важливе значення під час виокремлення об'єкта з тла, але не означає наявності гостроти зору: вона свідчить переважно про спроможність розрізнити співвідношення яскравостей об'єкта і тла.

Для визначення ступеня гостроти зору важливо, де розташовані світлові об'єкти: світлі – на темному тлі чи темні – на світлому. У першому разі гострота зору досягає максимуму за певної (навіть невеликої) яскравості об'єктів; темні об'єкти на світлому тлі розрізняються краще пропорційно до зростання яскравості фону.

Найбільше значення для дослідження гостроти зору має центральна ділянка тла (приблизно  $6^\circ$  навколо об'єкта). Водночас зі збільшенням розмірів навколишнього простору до  $30\text{--}40^\circ$  гострота зору зростає, якщо периферійна частина поля висвітлена слабше, ніж центральна ділянка. Якщо ж освітленість периферії перевищить освітленість центру, гострота зору знижується. У разі незначної освітленості гострота зору збільшується, якщо досліджують за допомогою білих об'єктів на чорному тлі; у разі значної – співвідношення протилежне. Причиною цього є іррадіація збудження, залишкова аберація і дифракція в тих ділянках сітківки, на які проєктуються яскраві елементи фігури. Оскільки потрібно виокремити проміжок між елементами, зрозуміло, що в разі великої яскравості білий проміжок виявити легше.

Поріг виявлення зламу чорної лінії на білому тлі становить всього  $2\text{--}6'$ , тобто він в  $10\text{--}15$  разів нижчий, ніж поріг під час проведення досліджень з кільцями Ландольта [138].

Під час дослідження гостроти зору за допомогою решітки, що складається з вертикально розташованих чорних і білих смуг (кутові розміри інтервалів чітко співвідносяться з параметрами розривів у кільці Ландольта), гострота зору набагато менша, ніж під час досліджень з кільцями Ландольта.

Збільшення кількості розривів у кільці Ландольта (з інструкцією випробуваному необхідно вказати розташування короткого відрізка кільця або кількості розривів) призводить до зменшення показника гостроти зору, який зростає зі збільшенням кількості розривів.

Дослідження залежності розрізнення щодо видимої «щільності розташування однорідних елементів» довело: якщо інтервалі між сусідніми елементами становлять  $10\text{--}15'$ , їх розрізнити настільки важко, що «зорова робота практично неможлива». Якщо інтервал становить  $30\text{--}40'$ , помилок небагато, але робота втомлює спостерігача, самоконтроль утруднений. У тільки якщо інтервал більше ніж  $40'$ , розрізнення безпомилкове і робота не спричиняє втомлюваності.

Дослідження щодо розрізнення кількості стимулів у разі невеликого часу експозиції ( $0,1\text{--}0,3$  с) засвідчили, що іспитники не роблять помилок, якщо це число менше п'яти. Вони помиляються рідко, якщо

експонуються 5–7 стимулів; правильні відповіді поодинокі, якщо число більше семи. У всіх випадках діаметр поля зору становив приблизно 6°, що забезпечувало проекцію всіх стимулів у межах жовтої плями сітківки.

Щоб довести, що п'ять – максимальна кількість надпорогових елементарних подразників, які безпомилково ображаються в зоровій системі в разі порогової величини експозиції, зазвичай використовують поняття «оперативну пам'ять». Мова йде про порогову величину розрізняваної структурної складності видимого поля в разі одномоментної фіксації. Як впливає вихідна гострота зору випробовуваних на цю величину, не встановлено, однак можна припустити, що зв'язок існує, оскільки результати досліджень щодо тих самих спостерігачів стабільні. До того ж тест закінчується визначенням кількості градієнтів яскравості на одиницю поля зору.

Дані, що підтверджують і доповнюють зазначене, отримані під час проведення експериментів щодо порівняння різних знаків, що належать до однієї і тієї самої абетки. Б. Ф. Ломов досліджував розпізнавані цифри й застосував формулу Шепарда для емпіричної оцінки подібності різних знаків [138]:

$$S_{ik} = \frac{1}{2} \left( \frac{f_{ik}}{f_{ii}} + \frac{f_{ki}}{f_{kk}} \right), \quad (2.2)$$

де  $S_{ik}$  – коефіцієнт подібності знаків  $i$  та  $k$ ;

$f_{ik}$  – виявлена в експерименті частота співпадіння знака  $i$  зі знаком  $k$ ;

$f_{ki}$  – частота співпадіння знака  $k$  зі знаком  $i$ .

Виявилося, зокрема, що відсоток правильних відповідей найнижчий для цифри один і що найточнішими для орієнтування є цифри «середні за складністю накреслення», наприклад сім.

Б. Ф. Ломов робить висновок, що в кожному алфавіті існують елементи, які мають деяку «оптимальну кількість розпізнавальних ознак». Така кількість, очевидно, є мінімальною (а отже, і швидкість правильного впізнавання найвища), якщо поданий знак необхідно диференціювати від найменшої кількості інших знаків, тобто він найменше подібний на інші знаки алфавіту.

Певний інтерес становлять роботи, у яких було встановлено залежність між показниками правильності й швидкості розрізнення, упізнання, зорового

виявлення сигналу і тими параметрами зорового завдання, які можуть бути важливими для характеристики структури видимого поля.

На думку деяких авторів, пошук і розпізнавання сигналу – два незалежних завдання в роботі оператора: для вирішення першого однаково зручно використати цифри й колірний сигнал, а для другого – цифровий алфавіт.

Вагомою роботою щодо аналізу сприйняття за допомогою інформаційних заходів, є праця Дж. Міллера [138]. На підставі низки психологічних експериментів стосовно слухового й зорового сприйняття, а також за допомогою ретельно проаналізованих власних даних, Дж. Міллер довів, що оцінювання сприйняття на підставі подвоєних одиниць не має засадового значення для дослідження сприйняття, оскільки в процесі навчання окремі виконавчі одиниці інформації підпорядковуються усім великим «відрізмам інформації». Обсяг пам'яті співпадає з кінцевою кількістю таких відрізків, але кількість подвоєних одиниць, що припадають на кожен відрізок, можна збільшувати, і межа цього процесу невідома. Іншими словами, «пропускна спроможність» сприйняття змінюється в невизначеній залежності від кількості інформації на одиницю матеріалу, що становить тест [138].

Одним з небагатьох, вивчав зв'язок між факторами, що впливають на гостроту зору, на зорову працездатність і на продуктивність зорової праці був Х. Уестон. Він першим застосував в офтальмо-фізіології тест для дослідження спроможності індивідуума до виконання зорової роботи, а також емпіричний критерій кількісного оцінювання цієї спроможності – відносну кількість правильно розпізнаних елементів тесту за одиницю часу [138].

Тест Уестона становить собою спеціальний різновид коректурної таблиці. Елементами тесту є кільця Ландольта, які згруповані по 16; кілець у таблиці 256; у межах кожної групи (4 рядки по 4 кільця в кожній) розриви кілець хаотично чергуються по одному з вісьма можливими напрямками (співпадають з «головними меридіанами» координатної системи, прийнятої в офтальмології). Додатковою гарантією непередбачуваності місця розриву кільця є правильна квадратна форма всієї таблиці; поворот її на 90° кожен раз дає інше чергування елементів. Перед іспитником ставлять завдання якнайшвидше знайти (і позначити) всі кільця з певним напрямом розриву, не звертаючи уваги на інші кільця.

Після того, як іспитник виконав завдання, встановлюють:

а) відносну кількість правильних відповідей, для чого ділять кількість правильно підкреслених кілець на кількість кілець, які необхідно підкреслити;

б) відносну швидкість вирішення, для чого ділять кількість правильних відповідей на весь витрачений час.

Перемноживши обидва результати, отримують показник функції, яку Уестон називав «ефективною гостротою», «ефективністю зору» або навіть виробничою ефективністю, використовуючи всі ці терміни як синоніми.

Функція, досліджувана за допомогою тесту Уестона, є розрізнявальною (розрив кільця); під час вирішення тесту необхідно розрізнити максимальну кількість об'єктів за одиницю часу. Показник Уестона становить, по суті, продуктивність розрізнення.

Уестон досліджував, як залежить показник продуктивності розрізнення від гостроти зору, від віку, від освітленості, контрасту, величини деталі, звертаючи увагу й на те, чи стомлювалися іспитники, виконуючи завдання.

За Уестоном, відсутність втоми можна гарантувати тільки в тому разі, якщо кутова величина розрізнення деталі в тесті вдвічі більша за поріг розрізнення, що свідчить про індивідуальну гостроту зору. Показник продуктивності усіх учасників зростає зі збільшенням освітленості, досягаючи максимуму при величинах приблизно 500 лм на квадратний фут (приблизно 5000 лк), але й за оптимальних умов показник однієї вікової групи (47 років) становив лише 59 % від показника іншої вікової групи (24 роки). Х. Уестон довів, що після 25 років спостерігається неухильне зниження продуктивності розрізнення. Іноді зниження показника становить 3–4 % за рік. Це підтверджується і в тих випадках, коли вікове ослаблення акомодатції компенсується окулярами. Зниження продуктивності розрізнення може бути частково компенсоване внаслідок підвищення освітленості. З'ясовано, що цей фактор має значно більше значення для людей старше 45 років, ніж для молодих. Якщо є збільшення освітленості від 0,5 лм на квадратний фут (1 фут = 30,48 см) до 500 лм на квадратний фут призвело у групі молодших до збільшення показника всього на 18 %, то в групі старших за віком цей показник зріс в 4 рази.

Х. Уестон вважає зниження показника продуктивності розрізнення з віком негативним фактом і називає можливими наслідками цього явища поступове зниження прозорості очних середовищ, зменшення швидкості м'язових реакцій, зниження центральних регуляторних процесів. Так само міркують і інші вчені.

Найважливішими ознаками нормального стану бінокулярного апарату є такі:



1) повне бінокулярне поле зору –  $120^\circ$  по горизонталі й приблизно  $130^\circ$  по вертикалі, із додаванням ще по  $40^\circ$  на кожен скроневий (монокулярний) сектор;

2) звичайне поле зору (симетричне відведення обох очей під час спостереження за об'єктом, що рухається, по черзі за вісьма головними меридіанами до крайніх точок);

3) конвергенція –  $30\text{--}50^\circ$ , дивергенція –  $3\text{--}5^\circ$ ;

4) стійка конвергенція – найближча точка не далі ніж 12 см від базової лінії;

5) стереосприйняття – коли центральне зображення об'єкта вже двоїться, але зберігається відчуття «ближче – далі».

Відхилення від загальноприйнятої норми будь-якого функційного показника не корелює зі зменшенням спроможності до виконання широкого діапазону зорових завдань, хоча й добре корелює зі спроможністю до виконання тогої реального завдання, яке втілено в застосовуваному способі дослідження цього показника. Так, Л. М. Фрумїна пише, що 55 % обстежених працівників, незважаючи на видимі протипоказання щодо гостроти й поля зору, залишаються на попередній роботі й виконують її задовільно. Дефекти м'язової рівноваги очей у пілотів не позначаються на сприйнятті глибини під час виконання професійних завдань [138].

Будь-яке суб'єктивне переживання спричиняє фізико-хімічні зміни в організмі. Дискомфорт під час зорової роботи виникає внаслідок певного дефекту зорового апарату, але виявити цей дефект здебільшого дуже важко, іноді – неможливо.

Критерії, застосовувані для симптоматики дискомфорту і використовувані під час зорової роботи, суб'єктивні. Отже, перш ніж застосувати кількісне оцінювання, необхідно докладно описати найважливіші симптоми зорового дискомфорту.

Зоровий дискомфорт або «напруженість зору» – це «симптоми, які виникають унаслідок свідомої напруги зорового апарату в разі неефективного прагнення домогтися чіткості зору».

Дослідження, присвячені ймовірності появи симптомів дискомфорту під час зорової роботи, можна розподілити на дві групи:

1) критерії чіткі, висновки обґрунтовані;

2) критерії невизначені, чітких висновків не отримано.

До першої групи належать ті роботи, де ймовірність втомлюваності оцінювалася на підставі відомої функційної амплітуди досліджуваної (що працює) функції зору. Ймовірність стомлюваності збільшується, якщо зорова

робота виконується на відстані, що вимагає витрати більш третини обсягу акомодатії. Чим ближче робоча відстань до найближчої чіткої точки бачення, тим швидше і вірніше з'являються ознаки втоми. Аналогічний результат отримано щодо залежності між робочою відстанню і розташуванням найближчої точки конвергенції. Наближення призм до очей іспитника спричиняє «ознаки втоми» тим швидше, чим більшою стає сила призм стосовно меж фузійної амплітуди.

До цієї групи належать також роботи, у яких дані завдань наближаються для певних зорових функцій. Встановлено, що «ознаки втоми» спричиняють кутовий розмір деталі, контраст об'єкта і тла, освітленість, яскравість. Імовірність виникнення дискомфорту тим більша, чим ближчими до порогових є умови роботи, і, отже, постійність комфорту під час зорової роботи буде тим більшою, чим кращими є офтальмо-фізіологічні характеристики зору [138].

До другої групи належать роботи, автори яких намагалися встановити залежність між зоровою стомлюваністю, з одного боку, і функційною характеристикою зору, з іншого, у разі звичайної, «невизначеної» зорової роботи. Базовою характеристикою такої роботи зазвичай є її тривалість.

У тих випадках, коли робота була звичною для іспитників і вираженої патології зору у них не спостерігалось, а умови праці були нормальними, симптоми дискомфорту не виникали навіть після багатогодинної роботи. Що стосується інших ознак втомлюваності (зниження «постійності чіткого бачення», гостроти зору, обсягу акомодатії, резервів фузії, світлової, електричної чутливості, лабільності тощо), то дані були суперечливими.

Підсумовуючи відомості про зв'язок між функційною характеристикою зорового апарату, зоровою роботою і суб'єктивними проявами втоми, можна зазначити таке:

1) симптоми астенопії з'являються тоді, коли навантаження наближається до «межі», що характеризується порогом або функційною амплітудою, а це дає змогу зробити висновок про те, що ймовірність стомлення під час зорової роботи тим більша, чим вищий поріг (або менша амплітуда) базових функцій зору, тобто чим гіршою є функційна характеристика зорової системи;

2) «невизначена» зорова робота передбачає індивідуальне змінювання різних функційних показників, що характеризують стан зорового апарату, суперечливих на кожному певному відрізку часу виконання роботи; ці показники зменшуються з настанням стану втоми;

3) особливості симптоматики в разі зорового дискомфорту, як і

інтенсивність відчуття дискомфорту, не залежать від причин, що спричиняють стомлення: і те, й інше варіюються індивідуально.

Поняття «надійність водія» можна визначати по-різному. В інженерній психології важливою є категорія надійності людини – оператора. Психологи під надійністю водія розуміють його спроможність безпомилково керувати автомобілем. До того ж базовими факторами, що визначають ступінь надійності, вважають придатність водія до керування автомобілем, його підготовленість і працездатність [139].

Надійність людини, що є елементом системи ЛТ, визначають його спроможністю до збереження заданої ефективності роботи в разі ускладнення умов навколишнього середовища [57].

Надійність функціонування системи ВАДС залежить від надійності роботи всіх його елементів. За Р. В. Ротенбергом, надійність водія – це властивість зберігати параметри функціонування в межах, що забезпечують безпеку руху і відповідних режимів руху і умов використання автомобіля [139]. Надійність водія – складна властивість, що визначається більш простими: безвідмовністю, відновлюваністю, збереженням, довговічністю.

Безвідмовність водія – це властивість зберігати працездатність у межах встановлених норм робочого часу (робочого дня), що обчислюється в годинах. Безвідмовність водія змінюється протягом робочого дня різним чином.

За психофізіологічною оцінкою стану водіїв, перші 1,5–2,5 год роботи організм «входить у працю», після чого настає період найвищої працездатності. У період «входження в працю» ймовірність безвідмовної роботи водія знижена. Водії можуть неправильно оцінювати рівень своєї працездатності, здійснювати ризиковані маневри. Перші ознаки зниження працездатності з'являються через 4–5 год і, поступово збільшуючись, стають значними після 6–8 год роботи. За рахунок компенсаторних механізмів організму певний рівень працездатності підтримується до 9–10 год роботи. Після цього компенсаторні можливості організму вичерпуються і відбувається швидке зниження працездатності до рівня, неприпустимою з точки зору безпеки руху або з'являється сонливість.

Непрямі наслідки змінювання безвідмовності роботи водія протягом робочого дня стають зрозумілими під час вивчення статистики ДТП.

У разі керування автомобілем протягом 7–12 год водії спричиняють ДТП (внаслідок засинання) приблизно в два рази частіше, ніж при тривалості

роботи до 7 год. Якщо вони перебувають за кермом понад 12 год, кількість ДТП з тієї самої причини збільшується в дев'ять разів.

Відновлюваність – це властивість водія відновлювати свою працездатність після встановлених перерв у діяльності.

Професійна довговічність – властивість водія зберігати працездатність до настання граничного стану, дотримуючись необхідних перерв, обумовлених умовами відпочинку й трудової діяльності.

Збереженість – властивість водія зберігати параметри функціонування після тривалих перерв у трудовій діяльності.

Надійність оператора характеризується також безпомилковістю, готовністю і своєчасністю.

Головним показником безпомилковості є ймовірність безпомилкової роботи, яку можна обчислювати як стосовно окремої операції, так і алгоритму загалом.

Для типових, часто повторюваних операцій (як показника безпомилковості) можна використовувати також інтенсивність помилок. Цей показник зазвичай визначають за однією виконаною операцією (алгоритмом).

За статистичними даними щодо фази стійкої працездатності маємо [57]:

$$p_j = \frac{N_j - n_{nj}}{N_j}; \quad (2.3)$$

$$\lambda_j = \frac{n_{nj}}{N_j \cdot T_j}, \quad (2.4)$$

де  $p_j$  – ймовірність безпомилкового виконання операцій  $j$ -го виду;

$\lambda_j$  – інтенсивність помилок, допущених під час виконання операцій  $j$ -го виду;

$N_j, n_{nj}$  – загальна кількість виконаних операцій  $j$ -го виду і допущена при цьому кількість помилок;

$T_j$  – середній час виконання операції  $j$ -го виду.

Знаючи інтенсивність помилок під час виконання різних операцій і алгоритм роботи людини-оператора, можна обчислити ймовірність безпомилкового виконання цього алгоритму [57]:

$$p_{оп} = \prod_{j=1}^r p_j^{k_j} \approx e^{-\sum_{j=1}^r \lambda_j T_j k_j} = e^{-\sum_{j=1}^r (1-p_j)k_j}, \quad (2.5)$$

де  $k_j$  – кількість виконаних операцій  $j$ -го виду;

$r$  – кількість різновидів операцій ( $j = 1, 2, \dots, r$ ).

Важливим показником надійності є коефіцієнт готовності, що представляє собою ймовірність включення людини-оператора в роботу в будь-який момент часу і визначається за виразом [57]:

$$K_{оп} = 1 - T_0 / T, \quad (2.6)$$

де  $T_0$  – час, протягом якого людина-оператор з тих чи інших причин не може сприйняти інформацію, що надійшла до неї;

$T$  – загальний час роботи людини-оператора.

Як показник відновлюваності використовують ймовірність виправлення оператором допущеної помилки:

$$P_{випр} = P_c \cdot P_{вс} \cdot P_{вд}, \quad (2.7)$$

де  $P_c$  – ймовірність видачі сигналу схемою контролю;

$P_{вс}$  – і виявлення оператором сигналу контролю;

$P_{вд}$  – ймовірність виправлення помилкових дій під час повторного виконання алгоритму.

Цей показник дозволяє оцінити можливість контролю оператором своїх дій і виправити допущені помилки.

Показником своєчасності є ймовірність виконання завдання протягом часу, де  $\tau \leq t_{\text{л}}$ , а  $t_{\text{л}}$  – ліміт часу, перевищення якого розглядається як помилка. Цю ймовірність визначають за формулою [57]:

$$P_{CB} = P\{\tau \leq t_{\text{л}}\} = \int_0^{t_{\text{л}}} f(\tau) d\tau, \quad (2.8)$$

де  $f(\tau)$  – функція розподілу часу виконання завдання людиною-оператором.

Час  $t_{\text{л}}$  може бути як постійною, так і випадковою величиною. У першому випадку вірогідність  $P_{CB}$  визначають за виразом (2.8). У другому – обчислити  $P_{CB}$  досить складно. Процес обчислення можна спростити, якщо  $\tau$  та  $t_{\text{л}}$  підпорядковані нормальному розподілу з параметрами  $\bar{\tau}, \sigma_{\tau}$  та  $\bar{t}_{\text{л}}, \sigma_{t_{\text{л}}}$  відповідно [57].

Оскільки  $t_{\text{л}}$  і  $\tau$ , зазвичай незалежні, то  $\Delta t = t_{\text{л}} - \tau$  теж розподілені за нормальним законом з параметрами:

$$\Delta \bar{t} = \bar{t}_n - \bar{\tau}, \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_{\tau}^2}. \quad (2.9)$$

На підставі відомих положень теорії ймовірності

$$p_{CB} = p\{\Delta t \geq 0\} = \int_{-\infty}^{\frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta}}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta}}\right), \quad (2.10)$$

де  $\Phi_0\left(\frac{\Delta t}{\sigma_{\Delta}}\right)$  – табличне значення функції Лапласа.

Середнє значення часу виправлення помилки визначають так:

$$\bar{\tau}_\theta = \sum_{k=1}^{\infty} \bar{\tau}_k \cdot p_k, \quad (2.11)$$

де  $\bar{\tau}_k$  – середнє значення часу виправлення помилки з  $k$ -ї спроби;

$p_k$  – ймовірність виправлення помилки з  $k$ -ї спроби за умови, що в попередніх до  $k-1$  спробах мала місце помилка.

Така ймовірність підпорядкована геометричному розподілу виду:

$$p_k = p_{оп}(1 - p_{оп})^k. \quad (2.12)$$

Середнє значення часу виконання завдання з урахуванням часу виправлення помилки визначають за формулою:

$$\bar{\tau}_p = \bar{\tau}_{оп} + \bar{\tau}_u, \quad (2.13)$$

де  $\bar{\tau}_{оп}$  – середнє значення часу безпомилкового виконання людиною - оператором заданого алгоритму.

Дисперсія часу розв'язання задачі з урахуванням часу виправлення помилки

$$\sigma_p^2 = \sigma_{\tau}^2 + \sigma_u^2. \quad (2.14)$$

Приблизно можна вважати, що час  $\bar{\tau}_p$  підпорядкований нормальному закону розподілу з параметрами, обумовленими виразами (2.13) і (2.14).

Імовірність своєчасного виправлення помилки визначають залежно від характеру величини  $t_{\varepsilon}$  за виразом (2.8), або (2.10).

Загальна ймовірність виправлення помилки згідно з (2.7) може бути виражена формулою [57]:

$$P_{\text{випр}} = P_c \cdot P_{\text{вс}} \cdot P_{\text{вд}}(t_{\text{л}}). \quad (2.15)$$

Надійність виконання оператором своїх функцій поділяється на три види [140, 141]:

- 1) психологічна – надійність стосовно нестійких відмов (помилки), що пов'язані з неправильним або несвоєчасним виконанням окремих дій;
- 2) фізіологічна – надійність щодо тимчасових стійких відмов унаслідок дефіциту часу або розвитку втоми, травми, стресу тощо;
- 3) демографічна – надійність щодо остаточних відмов (старіння, травма з інвалідністю тощо).

У роботі [142] надійність оператора розглядають одночасно з його індивідуальними характеристиками на підставі вчення про типи вищої нервової діяльності. Серед робочих характеристик автор виокремлює ті, в основі яких лежать вроджені властивості нервової системи оператора: довготривалу витривалість, витривалість до екстреної напруги, перешкодостійкість, переключення тощо.

Така позиція отримала підтвердження в низці робіт [143, 144].

Психологічне вивчення структури діяльності операторів дозволяє виділити декілька режимів діяльності оператора, показники надійності в яких істотно різняться [145]. Як базові розглядають оптимальний і екстремальний режими. Градацію режимів наводять за показниками діяльності операторів, у зв'язку з чим обговорюються питання надійності операторів у цих режимах. Деякі автори [146–148] відзначають великий вплив волевих якостей особистості оператора на показники надійності. Е. В. Бондарев зі співавторами [149] вважає, що в екстремальних умовах діяльність оператора характеризується вибіркоким перерозподілом функційних можливостей [141, 149]: базову діяльність – з максимальною ефективністю, а іншу – з поступовим зниженням результатів у процесі виснаження психофізіологічних ресурсів. У деяких роботах [150] наведено дані про те, що за таких умов психологічні тести не відображають змінювання психофізіологічних можливостей оператора.

Діяльність оператора в екстремальних умовах залежно від різних причин проаналізовано в роботах [151–157]. В [141, 158] вивчається діяльність оператора в умовах тривалого очікування сигналу (2–10 хв). Щоб об'єктивно оцінити стан оператора, реєструють час простої сенсомоторної реакції, час реакції і кількість помилок під час диференціювання двох світлових стимулів, час вирішення розумових завдань, електроенцефалограми (ЕЕГ), шкірно-гальванічну реакцію (ШГР), електрокардіограму (ЕКГ), вертикальну складову електроокулограми (ЕОГ), електроміограму, рухи очей. Експериментально встановлено взаємозв'язок між імовірністю помилки під час вирішення розумових завдань і зміною фізіологічних показників. Так, зменшення частоти ЕЕГ на 20–30 % щодо фоновій перед подачею завдання підвищує ймовірність помилки. Найкращі результати щодо сенсомоторного реагування отримано під час дифузного неспання: стійкий  $\alpha$ -ритм в ЕЕГ, постійна, для цього оператора, частота ЕКГ, велика кількість рухів очей, максимально спостережувана величина ШГР. Помилки, пов'язані з пропуском сигналів, відбувалися на фоні незначного зниження рівня неспання: поява  $\beta$ -ритму, зменшення частоти ЕКГ, відсутність ЕОГ-реакцій, мінімальна ЕКГ. Характер помилок діяльності оператора є для нього важливим джерелом інформації. Якісно їх розподіляючи, оператор коригує свою діяльність. На формування подальшої поведінки оператора впливає також його мотивація [159]. У ряді робіт зазначається, що незалежно від ступеня емоційної стійкості оператор у будь-якому разі змінює свою тактику залежно від кількості й особливостей відхилень в отриманих результатах. Проте за даними [160], на етапах навчання і «входження у працю» збільшувана повнота інформації про якість виконуваної діяльності не завжди позитивно впливає на формування необхідних навичок. Це зумовлено двома категоріями інформації в потоці, що надходить через канали зворотного зв'язку: 1) інформація, яка не призводить до дезадаптації діяльності, 2) інформація, облік якої підвищує дезадаптацію оператора. Другий різновид виявляється за умови якщо сенсомоторні навички оператора недостатньо розвинені, а зворотній зв'язок призводить до підвищення активації відповідних нервових центрів [141].

Найбільш важливі функції оператора, що забезпечують надійність його роботи, визначив В. Д. Небиліцин [67, 142]. На основі аналізу дій оператора він об'єднав їх в три групи: фактори, що визначають відповідність засобів інформації виробничим завданням і можливостям оператора; навченість і тренуваність оператора; його індивідуальні особливості. Хоча праця водія й



відрізняється від праці оператора, цей підхід можна застосувати і щодо його діяльності.

Є. М. Лобанов у своїх роботах досліджує вплив умов роботи, особистісних якостей водія і його психофізіологічного стану на надійність роботи [67]. Також він вивчав динаміку змінювання працездатності й втомлюваності водія, їх вплив на час його реакції в різних дорожніх умовах, що істотно впливає на безпеку руху.

Важливим фактором безпосереднього впливу на безпеку водія є також удосконалення методів навчання водіїв, підвищення їхньої професійної майстерності, заходи матеріального стимулювання, контроль фізичного стану, а також адміністративно-юридичні заходи, які застосовують до порушників.

Поняття «функційний стан» характеризує ефективну сферу діяльності людини [161]. Іншими словами, мова йде про можливість людини виконувати певну роботу залежно від свого стану. Форми активності людини характеризуються спрямованістю діяльності, мотивацією та інтенсивністю їхнього прояву [162].

Змінювання функційного стану водія впливає на ступінь його втомлюваності і, як наслідок, на безпеку руху (БР) [2].

Коли мова йде про втому стосовно сутності поняття та термінології, потрібно використовувати термін «стомлення» або «стомлюваність», оскільки втома – це суб'єктивне відчуття стомлення [132, 163]. Стомлення визначається за зміною функційного стану людини [164]. Воно, зі свого боку, обумовлює рівень працездатності й продуктивності [165, 166].

Стомлення – це «фізіологічний стан» організму, що супроводжує тривалу й інтенсивну роботу, яка виявляється в тимчасовому розладі функцій нервових клітин кори головного мозку, що розповсюджується і на інші системи організму [167]. Стомлення – це спричинене роботою тимчасове зменшення працездатності внаслідок інтенсивного або тривалого навантаження [138, 168–172].

Автори роботи [138, 173] пропонують уявляти функціональний стан як багатовимірний феномен, головними складниками вивчення якого є: 1) зовнішнє навантаження; 2) суб'єктивний стан; 3) наслідки або результати впливу психічної напруженості на діяльність оператора та всієї системи загалом.

Ознаками втоми вважають порушення стійкості вегетативних функцій; погіршення регуляції функцій, вироблення та гальмування умовних рефлексів; уповільнення темпу роботи; зниження чіткості,

ритмічності та координації рухів; суттєве зниження сенсорної чутливості [138, 170, 174–176].

Існує певний взаємозв'язок між функційним станом людини, втомою, працездатністю і продуктивністю праці [163].

Функційний стан пов'язують, починаючи з аналізу діяльності окремої живої клітини [177] і закінчуючи складними формами емоційних переживань [178, 179] і навіть характеристикою поведінки на рівні колективу і популяції [161, 180].

Поняття «функційний стан» виникло і розвинулося у фізіології. Головним змістом відповідних досліджень був аналіз мобілізаційних можливостей та енергетичних витрат працюючого організму [132, 162].

Визначення функційного стану було зроблено на підставі подання про системність зрушень, що формуються у людини в процесі доцільної роботи [181]. Стан людини щодо цього розуміють як своєрідну відповідь різних систем організму на зовнішні і внутрішні впливи [182].

Будь-який стан людини виникає в процесі діяльності. Він є результатом взаємодії різних елементарних структур.

Деякі різновиди втоми характеризуються певними зрушеннями в діяльності серцево-судинної системи. Під час інтенсивної фізичної роботи збільшуються енергетичні потреби організму, які призводять до збільшення швидкості й обсягу кровотоку. При цьому знижується сила серцевих скорочень і зменшується систолічний обсяг крові. Діагностично значущими для оцінки функційного стану виявляються не самі по собі ці показники, а напрямок і величина їх зрушень і співвідношення між ними.

Важливою особливістю такого підходу до вивчення різних станів є розуміння того, як формуються реакції. Важливим моментом при цьому є наявність комплексу причин, що визначають специфічність стану в певній ситуації [183–185]. Якісна неоднорідність різних станів спричинена відмінностями їхніх причин. Для стану втоми важливими є фактори тривалості впливу навантаження, його різновиду, організації в часі [170, 186]. Стан емоційної напруженості визначають головним чином підвищеною значимістю виконуваної діяльності, її відповідальністю, складністю, ступенем підготовленості людини та іншими факторами [184, 187].

Важливо проаналізувати ті умови, за яких відбувається вплив базових факторів у кожному конкретному випадку. Наприклад, безпосередньо на тлі вихідного стану монотонії в разі зміни різновиду діяльності може формуватися стан оптимальної працездатності [188, 189].

Зазначене дало змогу деталізувати поняття функційного стану. Функційний стан людини розуміють як інтегральний комплекс готівкових характеристик тих функцій і якостей людини, які прямо чи опосередковано зумовлюють виконання діяльності [108, 183, 190].

Як було показано вище, функційний стан впливає на ступінь втоми людини та її працездатність. Для водія оцінка функційного стану особливо важлива, оскільки спричинене його зміною тимчасове зниження працездатності впливає на БДР.

У наш час застосовують безліч методів оцінювання функційного стану. Функційний стан формується під впливом показників тих систем, що безпосередньо впливають на ефективність діяльності, до того ж зазвичай вивчаються психологічні показники, що характеризують зрушення в перебігу психологічних процесів, і фізіологічні, що відбивають зміни різних систем організму людини [8, 191].

Для його оцінки можна використовувати методи, які застосовувані в психології, фізіології та інженерній психології [67, 192]. У працях [8, 191, 193] наведено фізіологічні й психологічні показники, пов'язані з навантаженням і перевантаженням, які широко використовують у ергономічних дослідженнях. Фізіологічними показниками є тиск крові, частота й глибина дихання, обсяг видихуваного за хвилину повітря, споживання кисню, електроенцефалограма, шкірногальванічна реакція, електроміограма, біохімічні зміни в крові і сечі, частота пульсу й мінливість ритму серцевого м'яза, електрокардіограма. Психологічні показники можуть бути визначені шляхом розв'язання задач методом Дерев'янка або за аналізом змін у структурі зорового процесу [8, 193].

Деякі оцінки психофізіологічних показників наведено в роботі [194].

## **2.2 Оцінювання функційного стану водія за допомогою електроенцефалограми**

Функційний стан людини можна оцінити за допомогою ЕЕГ. Вона дає змогу отримати інформацію як про роботу окремих центрів, так і про центральну нервову систему загалом.

У фізіології вищої нервової системи під час дослідження головного мозку ЕЕГ відводиться одне з провідних місць. ЕЕГ також використовують під час дослідження психічних процесів [67].

Метод ЕЕГ базується на реєстрації сумарної електричної активності нейронів головного мозку, що відводиться з поверхні шкіри голови. ЕЕГ є складною кривою, що складається з багатьох частотних компонентів.

Метод ЕЕГ, що використовує сучасні математичні способи оброблення та аналізу даних, залишається одним із найчастіше застосовуваних для вивчення мозку людини. Електроенцефалографія дає змогу якісно та кількісно проаналізувати функційний стан головного мозку і його реакції під час дії подразників і виконання різних видів діяльності.

У клінічній практиці ЕЕГ використовують для діагностики низки психічних і неврологічних захворювань.

ЕЕГ-активність, що становить собою хвилі приблизно однієї постійної частоти, називається ритмом. Найбільш виражений в ЕЕГ ритм називають домінуючим. Якщо амплітуда хвиль ритмічної активності поступово зростає, а потім спадає, кажуть, що ритмічна активність веретеноподібна.

Зменшення амплітуди коливань потенціалів без зміни їх частотної характеристики називають депресією ритму. Процес формування регулярної, упорядкованої ритмічної активності і збільшення амплітуди коливань, називають синхронізацією ритму.

Порушення ритмічності протікання хвильових процесів ЕЕГ із заміщенням упорядкованої синхронної хвильової активності коливаннями, менш регулярними, різної частоти і меншої амплітуди, називають десинхронізацією [195–200].

ЕЕГ реєструються за допомогою накладених на поверхню шкіри голови електродів, які за допомогою провідників скомутовані з панеллю підсилювача біопотенціалів – електроенцефалографом. Електроди, які накладають на шкіру, повинні мати невеликий перехідний опір (не більше ніж 3–5 кОм), малий ступінь поляризації і високу стійкість до корозії. Зазвичай використовують електроди, укрите хлорованим сріблом. Для кріплення електродів застосовують спеціальний шолом-сітку або використовують готові набори електродів, умонтованих у шоломи.

Використовують два способи реєстрації ЕЕГ – монополярний і біполярний. При біполярному відведення реєструють різницю потенціалів вимірюють між двома електрично активними ділянками головного мозку (обидва електроди розтошовують на шкірі голови). При монополярному – різницю потенціалів між електрично активною і електрично нейтральною точками.

Відвідні електроди можна накладати на різні ділянки поверхні голови, урахувуючи проекції на них областей головного мозку. Найбільш поширеними на сьогодні є міжнародні системи розташування електродів – 10–20 % і 10–10 %.

Під час запису на сигнал ЕЕГ впливають зовнішні перешкоди, так звані артефакти. За своїми особливостями артефакти можуть бути фізіологічними або технічними.

До фізіологічних належать артефакти рухів очей, скорочень м'язів, ковтальних рухів, кардіограма.

Технічними артефактами є мережеве наведення із частотою 50 Гц, що виникає внаслідок появи електромагнітних полів, генерованих електричною мережею в приміщенні, а також артефакти, пов'язані з розхитуванням дртів і погано закріплених електродів. Усі технічні артефакти зазвичай легко переборні.

Щоб отримати безартефактний запис ЕЕГ, необхідно, щоб іспитник під час експерименту перебував у розслабленому стані і сидів у спеціалізованому зручному кріслі. До того ж необхідно мінімізувати кількість зовнішніх світлових і звукових подразників і правильно підімкнути електроди, забезпечивши невеликий опір «електрод-шкіра» (не більше ніж 5 кОм). Артефакти, що потрапили в електроенцефалограму, видаляють за допомогою спеціальних опцій програмного забезпечення під час подальшої обробки отриманого запису [195–200].

У дослідженнях зазвичай використовують стандартне розміщення електродів, що дає змогу порівнювати ЕЕГ людини, зареєстроване в різний час.

Електроенцефалографічні ритми на ЕЕГ розподіляють на групи, що різняться за амплітудою і частотою: дельта-ритм, тета-ритм, альфа-ритм, бета-ритм і гамма-ритм.

Електроенцефалографічні ритми дають змогу оцінити загальну активність кори головного мозку. На особливості ЕЕГ впливає вік і рівень неспання людини. У нормі електрична активність головного мозку відображає постсимпатичні потенціали пірамідних нейронів кори головного мозку.

До дельта-ритму належать хвилі ЕЕГ в діапазоні частот 0,5–3,5 Гц. У ЕЕГ здорової дорослої людини в стані неспання дельта-ритм становить дуже невелику частину – його амплітуда не перевищує 40 мкВ. Дельта-ритм є базовим ритмом повільнохвильового сну, коли його амплітуда сягає 300 мкВ і більше.

Тета-ритм становлять хвилі ЕЕГ з частотою від 4 до 8 Гц. Амплітуда хвиль в нормі не перевищує 40 мкВ. Збільшення індексу тета-ритму, з одного боку, свідчить про патологію, а з іншого – відображає певні функційні стани, пов'язані або зі зниженням рівня активності мозку, або, навпаки, з концентрацією уваги, когнітивної та емоційної активації.

До альфа-ритму належить високоамплітудна (середня амплітуда 60–80 мкВ) ритмічна активність з частотою в діапазоні від 8 до 13 Гц. Найбільше альфа-ритм виражений у дорослих людей у стані спокійного пильнування при закритих очах переважно в тім'яно-потиличних областях мозку.

Бета-ритм є низькоамплітудним і високочастотним – від 14 до 35 Гц. Він характеризує активне неспання і становить собою не регулярний ритм, а хаотичну електричну активність, характерну для стану, коли кожна ділянка кори головного мозку опрацьовує свою власну діяльність. Реєструється найкраще в лобовій і скроневій областях. Синхронізацію і десинхронізацію бета-активності багато авторів пов'язують з різними типами емоцій і когнітивних процесів, а синхронізацію бета-ритму в лобових областях – з процесами уваги.

Зазвичай до діапазону гамма-ритму відносять коливання ЕЕГ з частотою від 30 до 70 Гц.

Високочастотні коливання в гамма-діапазоні були відкриті С. Едріаном в 1942 р в нюхових цибулинах, і протягом декількох десятиків років ці коливання вважали нюховим ритмом. Проте надалі було встановлено, що гамма-ритм властивий як людині, так і тваринам, виявляється в найрізноманітніших ситуаціях і пов'язаний з такими явищами, як рівень неспання, сприйняття, увага й свідомість.

Звичайну ЕЕГ становлять хвилі різної частоти. На домінуючу частоту впливає багато факторів: рівень неспання, вік, захворювання тощо. Під час реєстрації ЕЕГ у здорової людини в безсонному стані, коли вона розслаблена, а очі закриті, на ЕЕГ переважає ритмічна активність в тім'яній і потиличній областях з частотою 8–13 Гц, що відповідає альфа-ритму. Коли іспитник відкриває очі, альфа-ритм зникає, відбувається десинхронізація ЕЕГ і переважаюча частота зростає до 13–30 Гц, що співвідносно з хвилями бета-ритму.

Виникнення хвиль ЕЕГ пов'язано з чергуванням збуджуючих і гальмівних постсинаптичних потенціалів в кіркових нейронах, які надходять до них від таламуса та інших структур мозку. Потенціали утворюють позакліткові струми, що проходять через кору у вертикальному напрямі під

час генерування постсинантичних потенціалів в пірамідних клітинах [67].

Під час аналізу ЕЕГ оцінюють здебільшою активність деяких ділянок спектру ЕЕГ.

Візуальний метод аналізу ЕЕГ у наш час зазвичай застосовують під час проведення клінічних обстежень хворих. До того ж найбільше значення має виявлення в ЕЕГ так званих патологічних ознак. У сучасній науці застосовують різні методи комп'ютерного аналізу ЕЕГ. Найчастіше використовують спектральний аналіз, що дає змогу математично виокремлювати й досліджувати частотні характеристики ЕЕГ. Використовують також швидке перетворення Фур'є, коли вихідний сигнал є сумою синусоїдів різних частот і амплітуд. Результати відображають у вигляді графіків (для кожного каналу ЕЕГ) з піками амплітуди (або потужності) у відповідних частотних діапазонах. Отже, за допомогою спектрального аналізу вимірюють амплітуду або потужність досліджуваного діапазону частот і порівнюють вираженість ритмів ЕЕГ в різних відведеннях. За даними спектрального аналізу можна побудувати топографічні карти вираженості частотних діапазонів. Крім того, застосовують методи когерентного аналізу ЕЕГ, методи оцінки синхронізації і десинхронізації ЕЕГ, пов'язаної з подією, методи тривимірної локалізації джерел електричної активності головного мозку тощо.

Тормозні процеси в головному мозку людини спричиняють зсув частотного спектру ЕЕГ в напрямі повільних коливань. До разі збудженого стану цей спектр зміщується в бік швидких коливань [67].

Оцінюючи загальний функційний стан за допомогою ЕЕГ, необхідно врахувати таке:

- біоелектрична активність відображає функційний стан всього мозку або окремих його відділів, які знаходяться під електродами;
- сталий функційний стан мозку відображає звичайна ЕЕГ або паталогічна біоелектрична активність, що характеризується постійністю і стабільністю ЕЕГ;
- нестійкому функційному станові головного мозку властиві постійні переходи від яскраво вираженого альфа-ритму до його десинхронізації, поява спалахів повільнохвильової активності з придушенням домінуючого ритму, постійні переходи від одного домінуючого ритму до іншого.

У стаціонарних дослідженнях за допомогою ЕЕГ можна отримати важливу інформацію про роботу окремих ділянок головного мозку і центральної нервової системи загалом. Однак, якщо подається не одиничний сигнал, а цілий потік, який призводить до активізації роботи одночасно

декількох областей кори головного мозку, то характеристик ЕЕГ стає менше. Подібна реєстрація ЕЕГ характеризує тільки загальну активність центральної нервової системи. Однак навіть сумарну характеристику записати в робочих умовах досить складно, оскільки на ЕЕГ накладається електроміограма м'язів людини, електричний потенціал яких на кілька порядків вищий за потенціали біострумів мозку [67].

Незважаючи на високу інформативність, використовувати ЕЕГ в робочих умовах складно з технічних причин. Крім того, якщо розмежовувальним є не одиничний сигнал, а цілий потік, то це нівелює характеристики ЕЕГ.

Іншим недоліком цього методу є те, що електроди щільно притискають до голови іспитника для створення постійного опору на місці контакту, а це спричиняє больові відчуття. Отже, використовувати цей метод можна лише в стаціонарних умовах [83].

Незважаючи на зазначені недоліки, ЕЕГ використовують у дорожніх дослідженнях. Зокрема, під час досліджень, проведених у Франції і в Німеччині, за допомогою ЕЕГ визначали напруженість уваги водія під час різноманітних дорожньо-транспортних ситуацій (ДТС).

### **2.3 Оцінювання функційного стану водія за допомогою шкірно-гальванічної реакції**

Наступним методом оцінювання функційного стану є метод ШГР, який базується на вимірюванні різниці потенціалів між окремими точками на поверхні шкіри людини в разі несподіваної появи сигналу зовнішнього подразника.

ШГР – один з різновидів електродермальної активності (електричної активності шкіри) і показник електропровідності шкіри. Цей показник має фізичну й тонічну форми. Фізична форма ШГР – один з компонентів орієнтовного рефлексу, що виникає як відповідь на новий стимул і згасає з його повторенням. Тонічна форма ШГР відображає повільне змінювання шкірної провідності, що з'являється, наприклад, у разі прояву втоми. Останнім часом одночасно з терміном ШГР використовують і електричну активність шкіри (ЕАШ).

Реєстрація ШГР є методом, що дає змогу оцінити стан організму за допомогою вимірювання електрошкірної провідності [201–207].



Електрична реакція, яка реєструється з поверхні шкіри і відображає змінювання її біоелектричних властивостей, називається шкірно-гальванічною реакцією або електродермальною активністю (ЕДА) [208, 209].

Шкіра – один з найскладніше організованих органів людського тіла. Вона доповнює функції внутрішніх органів, зокрема виводить продукти, які не виділяються легенями й нирками. З однієї потової залози у людини в нормі виділяється 0,002–0,003 мг поту за хвилину. Шкіра – деякою мірою орган дихання. Епідерміс шкіри є хорошою перешкодою для шкідливих речовин, патогенних мікробів тощо. Велику роль шкіра відіграє в теплообміні, а також у ній відбувається інтенсивний обмін речовин.

Так, ще І. Р. Тарханов вважав, що причиною коливань ШГР є посилення нервової активності людини, що супроводжується підвищенням потовиділенням на поверхні шкіри. О. Верагут вважав, що психогальванічний рефлекс є наслідком тимчасового посилення потовиділення і пов'язаного з цим підвищенням електропровідності шкіри внаслідок нервово-психічної активності людини. Це підтверджують З. Германн і Б. Лухзінгер. Ступінь зволоження шкіри, тобто потовиділення, визначають за величиною електроопору шкіри: що воно менше, то більшою є вологість шкіри [208, 209].

Д. Льова, досліджуючи людину, встановив, що густина розташування потових залоз і шкірно-гальванічна реакція тісно взаємопов'язані. За його даними, на першому місці стоять долонна і підошвна поверхні кінцівок.

П. П. Слинько встановив, що висхідна частина кривої ШГР пов'язана із заповненням вивідних проток потових залоз потом і викидом частини його на поверхню шкіри, а спадна є результатом всмоктування поту з вивідних проток і сплюснення їх внаслідок цього і, очевидно, протитиску тканини [210].

Шкірні потенціали залежать від однакової поляризації шарів шкіри, зареєстровані реакції шкірних потенціалів мають форму одно- або двофазних коливань. Проте пояснити електричну активність шкіри тільки лише потовиділенням неможливо, оскільки час реакції потових залоз значно більше, ніж зареєстровані відхилення шкірного опору і інших електромагнітних параметрів.

Встановлено, що опір шкіри коливається в межах від 10 КОм до 2 МОм. Опір шкіри обличчя і тилу кисті знаходиться в межах від 10 до 20 Ком, шкіри стегна – 2 МОм, долоні й підошви – від 200 КОм до 2 МОм. На думку Є. М. Брюкіна, електричний опір шкіри (ЕОШ) в різних місцях тіла коливається в межах 0,08–2,5 МОм. Р. І. Утямишев вважає, що опір шкіри

варіюється від 2 до 200 КОм. Опір людського тіла постійний і становить від 5 до 12,5 кОм; інколи воно може бути трохи вище або нижче. Відомо дві основні моделі формування електричного потенціалу шкіри: потовидільна й обмінна [211].

Згідно з теорії потовиділення електричний потенціал шкіри обумовлюється кількістю потових залоз на одиниці площі й ступенем розкриття їхніх проток [211]. Окрім того, виокремлюють дві категорії цілком відмінних електродермальних реакцій (ЕДР) – ЕДР шкіри, яка не пiтнiє і ЕДР шкіри, яка пiтнiє. Спостерігається також прихована перспірація, що ускладнює адекватну інтерпретацію результатів дослідження.

Інша модель формування електрошкірної провідності сигналу базується на регуляції інтенсивності обмінних процесів у шкірі. При цьому головними детермінантами провідності електричного струму можна вважати йонні процеси [205, 212].

Іонна теорія формування електричної провідності шкіри базується на важливості щілинних каналів у шкірі людини [212].

Застосовують два методи реєстрації шкірно-гальванічної реакції: за І. Р. Тархановим (реєстрація електричних потенціалів шкіри) і за У. Фере (реєстрація електричного опору шкіри) [208, 213]. До того ж методом, який найбільш інформативно відображає прояви ШГР, вважається вимірювання провідності шкіри під час впливу постійного струму з наступним розділом отриманого сигналу на тонічний і фазичний складники [204].

Сигнал, одержуваний за методом У. Фере, традиційно називають шкірно-гальванічної реакцією [205].

Сигнал ШГР, одержуваний під час вимірювання провідності шкірного постійного струму, поділяється на тонічний і фазичний складники або на фоновий рівень і реакцію [202, 204, 206]. Тонічний складник ШГР обумовлений постійно існуючою фоновною провідністю шкіри, яка повільно змінюється в часі. Фазичний складник – це швидкі зміни провідності шкіри, що виникають на тлі тонічного складника внаслідок впливу різних подразників. Форма сигналу фазичного складника дає змогу виокремити такі параметри, як час наростання й час спадання реакції, що мають інформативне значення [204].

Для вивчення електричних властивостей шкіри перспективним вбачається використання імпедансного методу, який ґрунтується на вимірюванні електричних параметрів опору шкіри [206]. Широке впровадження в медичну практику імпедансного методу оцінювання шкірно-гальванічної реакції пов'язане з дослідженнями щодо вивчення

психофізіологічного стану людини, реакцій центральної та периферійної гемодинаміки, стану шлунково-кишкового тракту, а також багатьох інших питань різних галузей медицини [207, 214–218].

У низці досліджень паралельно з реєстрацією ШГР як методи динамічного контролю фізіологічного стану застосовувалися запис ЕКГ, ЕЕГ, ЕОГ, дистанційна термографія [202, 219].

Обов'язковим елементом апаратури, призначеної для оцінки ШГР, є вимірювальні електроди. Найточнішими є вимірювання із застосуванням пластинчастих слабополяризовувальних електродів, виготовлених з хлорованого срібла площею один квадратний сантиметр з використанням електродної пасти [202]. Відомі дво- трьо- і чотиризондові методи накладання реєструвальних електродів [212] в різних точках додатків, а саме: вухо – рука праворуч і ліворуч, передпліччя – долоня праворуч і ліворуч, долоня – долоня, різні рефлексогенні зони [205, 212]. Найточнішими є вимірювання із розташуванням реєструвальних електродів на долонній поверхні останніх фаланг мізинця і безіменного пальців лівої і правої рук відповідно [205].

До того ж електроди розташовують на такій відстані, що електричний струм між контактами на поверхні шкіри майже відсутній, а траєкторія електричного струму проходить через такі тканини й межі між ними: електроделектродна паста – електроліти шкіри – оболонка клітин шкіри – мікрокапілярна і судинна мережі (далі зворотний порядок меж під другим електродом) [205].

Щодо аналізу базових параметрів ШГР, то розрахунки з використанням традиційної шкали оцінювання електрошкірного опору (в кілоомах), або зворотного електрошкірного опору величини електрошкірної провідності (в сіменсах), не є досконалими [203, 205]. Для нівелювання індивідуальних відмінностей електричних параметрів шкіри оцінюють сигнал шкали натурального логарифма, що обчислюється в сантинепперах [202, 203, 205].

У деяких дослідженнях встановлено зв'язок між емоційним станом людини і електричним опором шкіри [50, 67, 220].

Реакція ШГР не є постійною. У разі повторного застосування подразника сила реакції зменшується, а в разі багаторазового повторення реакції може не відбуватися взагалі [221]. Згідно з концепцією Е. Н. Соколова шкірно-гальванічний рефлекс є реакцією на новизну подразника і під час формування його моделі згасає.

ШГР, як індикатор оцінювання психічного стану людини, широко використовують у космонавтиці, авіації, транспорті під час оцінювання діяльності операторів [67, 222, 223].

Е. В. Гаврилов під час проектування доріг використовував ШГР для обґрунтування необхідної ширини проїзної частини [1]. У дорожніх дослідженнях ШГР використовували також під час визначення допустимої довжини прямої ділянки між кривими в плані на гірських дорогах, при виборі ефективних заходів регулювання швидкості руху автомобіля, під час оцінювання стомленості водія та надійності його роботи [1, 16, 56, 67, 224–229].

Під час реєстрації ШГР велике значення має методика проведення досліджень, оскільки, проведені в різних умовах, вони засвідчили, що різні відведення мали нерівнозначні свідчення. Ці відмінності спричинені тим, що процес виконання в організмі людини відносно процесу передачі збудження відбувається пізніше. Незважаючи на простоту реєстрації ШГР і її інформативність, вона має недоліки, які не дають змоги використовувати її під час досліджень щодо вирішення цих завдань. По-перше, щоб оцінити стан організму водія загалом, недостатньо використовувати тільки ШГР; по-друге, отримувана інформація не є кількісною.

## **2.4 Оцінювання функційного стану водія за допомогою критичної частоти злиття мигтінь**

Наступним методом оцінювання функційного стану водія є застосування критичної частоти злиття мигтінь (КЧЗМ).

Сутність методу полягає в такому. Іспитнику пропонують джерело миготливого світла, частота мигтінь якого зростає. Частота мигтінь, за якої іспитник бачить безперервний потік світла, оцінюється як критична. Відсутність єдиних методичних підходів і стандартного апаратурного забезпечення спричиняє вкрай суперечливі результати в різних авторів і ускладнює порівняння отриманих в різних лабораторіях даних. Отже, метод КЧЗМ дає змогу оцінити функційний стан за станом зорового аналізатора.

Базовими характеристиками зорового сприйняття є кутові розміри, рівень адаптації яскравості, контраст між об'єктом і фоном, критична частота злиття мигтінь, час інерції очей [57].

Під кутовим розміром зображення розуміють кут між двома променями від очей спостерігача до крайніх точок спостережуваного зображення [57, 230]. Цей розмір обчислюють за виразом [57]:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = h / 2l, \quad (2.16)$$

де  $h$  – лінійний розмір об’єкта, який спостерігають, м;

$l$  – відстань від спостерігача до об’єкта, який спостерігають по лінії погляду, м.

Під рівнем адаптації яскравості розуміють такий рівень яскравості, до якого пристосовані очі людини, зазвичай його визначають як середню щодо сприйняття оком яскравість [57]:

$$L_{вcp} = \frac{1}{A} \int_A L_v(A) dA, \quad (2.17)$$

де  $L_v(A)$  – миттєве значення яскравості елементарної ділянки  $dA$  світленої поверхні об’єкта, яку спостерігають, кд/м<sup>2</sup>;

$A$  – сприйнята оком сумарна площа освітленої поверхні об’єкта, який спостерігають, м<sup>2</sup>.

Контраст визначають як відношення різниці яскравостей зображення і тла до яскравості тла. Розрізняють прямий (спостережуваний об’єкт темніший за тло) і зворотний (об’єкт світліший за тло) контрасти [57]:

$$\kappa_{np} = (L_{v\phi} - L_v) / L_{v\phi}; \kappa_{зв} = (L_v - L_{v\phi}) / L_v, \quad (2.18)$$

де  $\kappa_{np}, \kappa_{зв}$  – прямий і зворотний контрасти відповідно;

$L_{v\phi}, L_v$  – яскравості тла і спостережуваного об’єкта, кд/м<sup>2</sup>.

Яскравість спостережуваного об’єкта обчислюють в канделах на один квадратний метр (кд/м<sup>2</sup>) і визначають за формулою [57]:

$$L_v = \frac{d I_v}{dA \cos \theta}, \quad (2.19)$$

де  $I_v$  – сила світла, яку визначають як відношення світлового потоку, що поширюється від джерела в цьому напрямі всередині малого тілесного кута, до цього тілесного кута;

$\theta$  – кут між аналізованим напрямом і нормаллю до ділянки  $dA$  освітленої поверхні об’єкта, який спостерігають.

Критична частота злиття мигтінь – це частота появи світлового сигналу, яку око ще здатне розрізняти. Вона залежить від яскравості і визначається за виразом [57]:

$$f_{кр} = 9,6 \lg(10^{-6} L_v) + 65. \quad (2.20)$$

Виходячи з (2.20), при яскравості  $L_v = 30; 110; 250; 350$  кд/м<sup>2</sup> КЧЗМ дорівнює 40; 45; 47; 49 Гц відповідно.

Час інерції очей визначають за часом збереження впливу світла на його сітківку після закінчення цього впливу.

Після припинення дії світлового подразника око ніби продовжує бачити джерело і удавана яскравість  $L_{vk}$  зменшується за експоненційним законом [57]:

$$L_{vk}(t) = L_{vo} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (2.21)$$

де  $L_{vo}$  – яскравість у момент припинення дії подразника, кд/м<sup>2</sup>;

$\tau$  – постійна часу інерції.

Зменшення яскравості до деякого критичного значення є для людини сигналом до дії. Середнє значення  $t_{n.з}$  перцептивної затримки функційно залежить від числа  $d$  рівномовірно альтернативних сигналів, що надійшли ззовні в оперативну пам'ять людини, і числа  $n$  нейронних еталонів спостережуваних об'єктів, які порівнюють із тими сигналами що надійшли. Цей час можна обчислити за виразом [57, 231]:

$$t_{n.з} = \frac{[d - (1 - \alpha\rho)/n][1 - (1 - \alpha\rho)/n]}{(d + 1)\alpha^2\rho}, \quad (2.22)$$

де  $\alpha = 10$  Гц та  $\rho = 0,01$  с – частотні характеристики електроенцефалограми людини.

З умови  $L_{vkk} = L_{vk}(t)$ , враховуючи (2.21) і (2.22), можна визначити допустимі значення  $d$  та  $L_{vo}$ .

Сприйняття  $t_g$  світлових сигналів уповільнюється залежно від їх енергії, яка пропорційна освітленості спостережуваного об'єкта [57]:

$$t_{\text{с}} = t_{\text{н.з}} \left\{ 1 + \left[ \frac{1}{1 + K \lg(E_v / E_{\text{vn}} + 1)} \right]^2 \right\}, \quad (2.23)$$

де  $E_v$  – освітленість сприйманого об'єкта, лк;

$E_{\text{vn}}$  – порогове значення освітленості, що забезпечує правильне сприйняття зображення об'єкта, лк;

$K$  – коефіцієнт, значення якого встановлено експериментально, дорівнює 0,85.

Важливою характеристикою зорового аналізатора людини під час її роботи в системі ЛТ є сліпуча яскравість і відносна видимість.

Сліпучу яскравість визначають за розміром освітленої поверхні об'єкта, який спостерігають, і яскравістю сигналу, а також за рівнем адаптації ока [57]:

$$L_{\text{vc}} = L_{\text{va}} \left( 1 + \frac{840}{\sqrt[4]{\beta}} \sqrt{L_{\text{va}}} \right), \quad (2.24)$$

де  $L_{\text{vc}}$ ,  $L_{\text{va}}$  – сліпуча яскравість, що адаптує відповідно, кд/м<sup>2</sup>;

$\beta$  – тілесний кут, під яким спостерігач бачить освітлену поверхню (в стерadianах).

Відносну видимість кольорового відчуття визначають за формулою [57]:

$$K_{\lambda} = R_{\lambda} / R, \quad (2.25)$$

де  $R$  – зорове відчуття, спричинене джерелом випромінювання із довжиною хвилі 550 нм;

$R_{\lambda}$  – зорове відчуття, спричинене джерелом тієї самої потужності, але генерувальним випромінюванням, довжина його хвилі дорівнює  $\lambda$ , нм.

Загалом яскравість  $L_v$  можна виразити через відносну видимість:

$$L_{\lambda} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K_{\lambda}(\lambda) d\lambda, \quad (2.26)$$

де  $\lambda_1 \dots \lambda_2$  – обраний діапазон випромінювань, властивий робочим місцям операторів певної системи ЛТ.

Кількість сприйманої зоровим аналізатором інформації  $F_{\text{з.а}}$  і його пропускна здатність  $C$  можуть бути визначені за формулами [57]:

$$F_{3,a} = m \log_2 \frac{l_{\text{эф}}}{\Delta l_{\text{эф}}}, \quad (2.27)$$

$$C = \frac{F_{3,a}}{t_9 - t_6}, \quad (2.28)$$

де  $F_{3,a}$  – кількість інформації в бітах;

$m$  – кількість однотипних приладів, за допомогою яких людина здійснює одночасне спостереження, од;

$l_{\text{эф}}$  – ефективна довжина шкали приладу, мм;

$\Delta l_{\text{эф}}$  – похибка, що допускається людиною під час зчитування показів приладу в межах ефективної довжини шкали, мм;

$t_9$  – час експозицій, с;

$t_6$  – час сприйняття зчитувальних показів приладу, с.

Важливим показником зорового сприйняття є його обсяг, який визначають за кількістю об'єктів спостереження, які може охопити людина-оператор протягом однієї зорової фіксації. У разі надання людині для спостереження не пов'язаних між собою об'єктів обсяг сприйняття становить 4–8 елементів.

Умовно все поле зору можна розділити на три зони: центрального зору (приблизно  $4^\circ$ ), де деталі розрізняються; ясного бачення ( $30 \dots 35^\circ$ ), де в разі нерухомості ока можна впізнати предмет без різних дрібних деталей; периферійного зору ( $75 \dots 90^\circ$ ), де предмети сприймаються як силуети. Зона периферійного зору відіграє істотну роль під час орієнтування щодо зовнішніх обставин. Об'єкти цієї зони легко і досить швидко можна перемістити в зону ясного бачення за допомогою настановних рухів (стрибка) очей.

Важливу роль у процесі зорового сприйняття відіграє рух очей. Рухи розподіляються на пошукові, або настановні, і пізнавальні.

За допомогою пошукових рухів відслідковують заданий об'єкт спостереження, установлюють вихідну позицію і цю позицію коригують. Тривалість пошукових рухів за сталих умов визначають за кутом, на який переміщується погляд:

$$t_n = 0,25 + 0,004\theta_n, \quad (2.29)$$



де  $t_n$  – час переміщення погляду, с;

$\theta_n$  – кут переміщення погляду, град.

До пізнавальних належить рух, що бере участь в обстеженні об'єкта спостереження, його впізнанні й розрізненні окремих елементів зображення.

Якість сприйняття водія обумовлюється його спроможністю правильно й швидко сприймати простір і час, що становить основу водійського розрахунку. Просторове сприйняття характеризують такі показники, як гострота зору, поле зору і глибинний зір.

Гострота зору – це здатність ока розрізняти деталі предметів. При нормальній гостроті зору людина здатна розрізняти дві точки, розташовані на відстані в одну кутову хвилину. Найкраща гострота зору – це центральний зір в конусі з кутом  $3^\circ$ , хороша гострота зору – в конусі  $5-6^\circ$ , задовільна – в конусі  $12-14^\circ$ . Предмети, розташовані за межами кута  $14^\circ$ , видно без чітких деталей і кольору. Гострота зору до периферії зменшується в чотири рази, і цей зір (на відміну від центрального) називається периферійним або бічним. Дорожні знаки мусять розміщуватися в центральному полі зору в межах зорового конуса під кутом не більше ніж  $10^\circ$ . При нормальній гостроті зору водій чітко розрізняє форму дорожніх знаків, всі об'єкти на дорозі і їхні деталі. Короткозорий водій добре бачить покази приладів на щитку автомобіля і погано бачить дорогу. Далекозорий – навпаки: чітко бачить дорогу і гірше покази приладів. Такі водії під час управління автомобілем мають користуватися окулярами [3].

Поле зору – це видимий простір, який людина може охопити поглядом при нерухомому очному яблуці. Поле зору для білого кольору поширюється в зовнішній бік на  $90^\circ$ , до внутрішньої – на  $65^\circ$ , догори – на  $65^\circ$  і донизу – на  $75^\circ$ . Але це монокулярне поле зору, тобто поле зору для одного ока. Бінокулярне поле зору (зір двома очима) становить  $120-130^\circ$  і практично охоплює весь простір перед автомобілем. Поле зору під час переміщення погляду може бути збільшене до  $150^\circ$ , що гарантує більшу безпеку руху.

Глибинний зір – це властивість зору розрізняти відстань до різних об'єктів і між об'єктами. Найбільш правильне сприйняття простору досягається в разі, якщо водій добре знає розміри предметів, що часто зустрічаються в дорозі. Систематичне тренування щодо визначення відстаней розвиває окомір – важливу якість водія, що є елементом його професійної майстерності.

Зі збільшенням швидкості руху водій спрямовує свій погляд на більш віддалену від автомобіля ділянку. Що далі переносить погляд водій, то ширшою є ділянка дороги, що сприймається ним, то більше об'єктів

потрапляє у його поле зору. Так, на відстані 30 м водій сприймає ділянку дороги завширшки 1,5 м, на відстані 500 м – 16 м. Для обгону автомобіля, що йде попереду, водій має бачити перед собою дорогу на відстані не менше ніж 600–800 м, це гарантує безпеку руху. Важливу інформацію водій отримує під час сприйняття дорожніх знаків. Чіткість і швидкість їхнього сприйняття здебільшою залежать від розмірів знаків і відстані до них для водія, швидкості руху автомобіля і контрастності літер і символів. Якщо контрастність нечітка, час сприйняття знаків може збільшуватися на 0,6–0,7 с. Із огляду на це передбачено чотири розміри дорожніх знаків і чітке зображення символів [3].

Щоб чітко сприйняти предмети необхідно фіксувати їх зором на 0,–0,3 с. Якщо в зоні периферійного зору з'являється рухомий об'єкт або яскраве світло, то водій мимоволі переміщує очі і голову так, щоб цей предмет опинився в полі його центрального зору. На це потрібен час, протягом якого водій випускає з поля зору об'єкти, розташовані на дорозі. Встановлено, що в разі управління автомобілем протягом 78–80 % часу погляд водія спрямовується прямо, а протягом 20–22 % – направо, вліво, на дзеркало заднього виду і на прилади. За даними Е. В. Гаврилова, водій дивиться на дорогу протягом 90 % усього часу і 8,1 % – на дзеркало заднього виду, 0,4 % – на важелі управління і 0,5 % – на прилади [1].

КЧЗМ є функцією світлової та розрізняльної чутливості ока, що характеризує функційну рухливість зорового аналізатора. Цей показник використовують для діагностики змін в області сітківки й зорового нерва, виявлення патології провідних зорових шляхів і зорових центрів [232–234].

Встановлено, що світлова й колірна чутливість щодо миготливих стимулів і, відповідно, КЧЗМ обумовлюються не тільки фотохімічними процесами в сітківці, але й станом нейронів другого порядку [235]. На сьогодні встановлено, що на показники КЧЗМ впливає попередня адаптація, умови вимірювання й побічні подразники, які збільшують або зменшують показники КЧЗМ.

КЧЗМ обумовлюється багатьма чинниками і розміром тестувального поля і місцем проекції на сітківці, інтенсивністю та спектральним складом стимулу, глибиною модуляції і тривалістю стимулів, їх кількістю у разі багаторазового застосування [236]. Показник КЧЗМ в нормі як у дорослих, так і у дітей становить 41–45 Гц [237, 238]. Вважається, що величина показника КЧЗМ не залежить від гостроти зору [236].

Це твердження справедливе лише в разі центрального застосування стимулу і невеликого розміру джерела, оскільки проекційне поле опиниться в

макулярній області сітківки. У разі порушень гостроти зору або якщо джерело досить велике, проекція на сітківці буде іншого розміру, і, отже, залежно від порушення гостроти величина показника КЧЗМ буде іншою, ніж у разі нормальної гостроти зору.

Більшість дослідників використовують світлові стимули тривалістю 0,5 періоду їхнього застосування, але похибка вимірювання КЧЗМ обумовлюється тривалістю світлового стимулу. У роботі [239] запропоновано під час вимірювання КЧЗМ застосовувати світлові стимули тривалістю 1 мс, тому в разі світлового імпульсу менше ніж 1 мс відбувається зменшення інтенсивності видимого випромінювання, що призводить до діагностичних помилок.

Варто зазначити, що КЧЗМ обумовлюється не тільки методикою вимірювання, але й фізіологічним станом людини. Наприклад, зорове стомлення призводить до значного зниження КЧЗМ [240]. КЧЗМ також змінюється під час фізичного навантаження і залежить від його обсягу й інтенсивності. Цей метод використовується і під час оцінювання рухливості нервової системи людини. Рухливість нервової системи є однією з базових властивостей нервової системи і виявляється у швидкості переходу одного нервового процесу в інший.

Серед сукупності властивостей нервової системи базовими вважають силу, рухливість і лабільність нервової системи. Найбільший інтерес щодо професійної придатності становить дослідження індивідуальної рухливості й лабільності нервової системи операторів технічних систем, механізмів і транспортних засобів, пілотів військової та цивільної авіації, а також інших груп фахівців, для професійної діяльності яких часовий фактор має визначальне значення.

Лабільність нервової системи визначають, використовуючи електрофізіологічні методи: метод фосфена [235], електроенцефалограму [241]; психофізіологічні методи – КЧЗМ [242], критичної частоти злиття звукових клацань [243] і парних світлових імпульсів [236].

Метод КЧЗМ широко застосовують в психології, фізіології, ергономіці, нейроофтальмології [244, 245].

Використовувати цей метод в дослідженнях на транспорті досить складно оскільки неможливо визначити КЧЗМ в умовах транспортного процесу. Крім того, тільки за КЧЗМ неможливо оцінити стан усього організму.

## **2.5 Оцінювання функційного стану водія за допомогою**

## електрокардіограми

Інформацію про функційний стан організму можна одержати за даними варіабельності серцевого ритму (ВСР) шляхом реєстрації електрокардіограми [246].

Серцево-судинна система (ССС) є однією з провідних систем, що забезпечують функціонування всього організму [247, 248].

Прийняття реакцій до умов зовнішнього середовища лімітується діяльністю ССС [249]. Серце здатне реагувати на найменше змінювання потреб численних органів і систем.

Серед усіх методів для цих завдань найоптимальнішим є метод оцінювання функційного стану шляхом реєстрації ЕКГ. З усіх психофізіологічних методів ЕКГ найбільш вивчена, а методика її вимірювання й аналізу найбільш досконала. Це пояснюється тим, що ЕКГ широко використовували в клінічній практиці для вивчення ССС. Дослідження структури серцевого ритму в спортивній, авіаційній і космічній, а також у клінічній медицині сприяло диференціації підходу до кількісного оцінювання ступеня участі центральних і автономних механізмів регуляції серцевого ритму під час впливу різних факторів на організм [163, 165, 250–258]. У психофізіології ЕКГ є базовим індикатором емоційного стану людини під час фізичного й розумового навантаження [67]. Значущими є такі її характеристики, як частота пульсу, зміни в зубцях і інтервалах. Потенціали, що виникають у серцевому м'язі, передаються навколишніми тканинами до кінцевих покривів. Змінювання цих потенціалів фіксується спеціальними приладами – електрокардіографами.

Реєстровану криву називають кардіограмою. Залежно від вирішуваного завдання ЕКГ вимірюють у стандартних або нестандартних відведеннях. ЕКГ у стандартних відведеннях реєструють тоді, коли людина лежить у спокійному, розслабленому стані. ЕКГ, вимірювана в нестандартних відведеннях, дає змогу визначити змінювання частоти пульсу, показники систоли й відносно змінювання інтервалів. Незважаючи на різновид ЕКГ, у будь-яких відведеннях завжди чітко виокремлюється змінювання потенціалів – зубці. Ці зубці (їх амплітуда, тривалість і відстань до сусіднього зубця) і є головною характеристикою діяльності й стану серця (рис. 2.1).

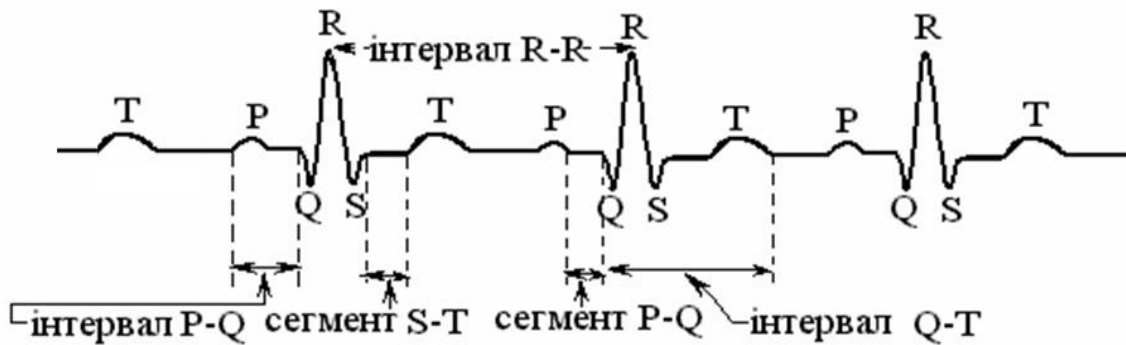


Рисунок 2.1 – Схема електрокардіограми людини в нормі

У разі зростання фізичного навантаження спостерігається збільшення зубців  $R$  і  $T$  і зменшення інтервалу  $P - Q$  одночасно з почастішанням пульсу. Емоційне навантаження спричиняє такі самі зміни в ЕКГ, як і значне фізичне. Великі емоційні навантаження призводять до зменшення зубців  $P$  і  $T$ . До того ж частішає серцевий ритм, а інтервал  $ST$  зміщується вниз. Змінювання зубця  $T$  дослідники пов'язують зі стомленням, із психічним напруженням і з емоційними реакціями. Якщо використовувати ЕКГ не як інструмент клінічної діагностики стану людини, а як психофізіологічний показник, то потрібно аналізувати змінювання пульсу, форми зубців і співвідношення інтервалів між зубцями. У цьому разі відносно змінювання цих характеристик ЕКГ не залежить від місця відведення [67].

Системою, що відображає зміни, які відбуваються в усьому організмі, обрано ССС. Вона з її багаторівневою регуляцією є функційною системою, кінцевим результатом діяльності якої є забезпечення заданого рівня функціонування всього організму, із яким співвідноситься еквівалентний рівень функціонування апарату кровообігу. Система кровообігу активно бере участь у всіх проявах життєдіяльності, забезпечуючи необхідний кінцевий результат діяльності ланок усього організму. Вона та її нейрогуморальний апарат управління і саморегуляції реагує на щонайменше змінювання потреб окремих органів і систем і забезпечує узгодження кровотоку. Реакція ССС є показником загальної реакції організму [8, 67, 259–262]. На підставі концепції про ССС потрібно, перш за все, проаналізувати змінювання ритму серцевих скорочень – універсальної реакції організму як відповідь на будь-яке навантаження – фізичне або емоційне. Інформація про те, як організм вийшов на той або інший рівень діяльності, закодована в послідовності кардіоінтервалів.

Процеси, що відбуваються не в самому серці, а в різних ланках системи управління, закодовані в послідовності кардіоінтервалів електрокардіограми –

нервових сплетеннях, залозах внутрішньої секреції, нервових центрах, розташованих у мозковій тканині [8, 250, 252, 253].

Аналіз динамічних рядів кардіоінтервалів здійснюється за допомогою теорії випадкових процесів і теорії ймовірності. При цьому використовуються спеціальні апаратно-програмні комплекси [8, 259, 263–271]. Використання математичних методів під час дослідження надійності водіїв як базової ланки системи «водій – автомобіль – середовище руху» має першочергове значення [8, 272].

Під час статистичного аналізу динамічного ряду інтервалів обчислюють такі показники: математичне очікування, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт асиметрії й ексцес. Математичне очікування є величиною, зворотною до середньої частоти пульсу [250]. Однак, незважаючи на те, що статистичні показники досить повно характеризують динамічний ряд кардіоінтервалів як випадковий процес, вони не відображають його внутрішньої структури і не дають змоги зробити висновок про механізми, що забезпечують наявний ефект регуляторних впливів.

Аналіз ВСР є методом оцінювання стану механізмів регуляції фізіологічних функцій в організмі людини і тварин, зокрема загальної активності регуляторних механізмів, нейрогуморальної регуляції серця, співвідношення між симпатичним і парасимпатичним відділами вегетативної нервової системи [250, 253, 257, 258, 273–297].

Поточна активність симпатичного й парасимпатичного відділів є результатом реакції багатоконтурної і багаторівневої систем регуляції кровообігу, що змінюють у часі свої параметри для оптимального пристосування, а це, зі свого боку, відображає адаптаційну реакцію усього організму.

Адаптаційні реакції індивідуальні й у різних осіб реалізуються з різним ступенем участі функційних систем, які, зі свого боку, пов'язані між собою змінюються в часі і мають змінну функційну організацію. Метод базується на розпізнаванні й вимірюванні часових інтервалів між *R*-зубцями ЕКГ (*RR*-інтервали), побудові динамічних рядів кардіоінтервалів і подальшому аналізу отриманих числових рядів за допомогою різних математичних методів. Динамічний ряд кардіоінтервалів називають кардіоінтервалограмою (КІГ).

Динамічний ряд кардіоінтервалів може бути стаціонарним і нестаціонарним. Стаціонарними називають випадкові процеси, які відбуваються майже однаково і визначаються як безперервні коливання стосовно деякого середнього значення. Стаціонарні процеси

характеризуються ергодичністю, тобто усереднення за часом співпадає з усередненням за безліччю реалізацій. Іншими словами, на будь-якій ділянці часу мають бути отримані однакові характеристики. Нестационарним (або перехідним) процесам властива певна тенденція до розвитку в часі, а їхні особливості обумовлюються початком відліку. Практично в кожній КІГ містяться елементи нестационарності (фрактальні компоненти). Кардіоінтервалограма розглядається як стаціонарний випадковий процес з відповідною інтерпретацією одержуваних унаслідок її аналізу даних. Для оцінювання фрактальних компонентів кардіоінтервалограми останнім часом активно використовують методи нелінійної динаміки [298–301].

Під час аналізу динамічних рядів кардіоінтервалів потрібно розрізняти короткочасні («короткі») й довготривалі («довгі») записи. Під «довгими» зазвичай розуміють дані, одержані під час 24-х і 48-годинного моніторування ЕКГ (холтерівське моніторування). До так званих «коротких» записів належать дані досліджень, що проводять протягом хвилин, десятків хвилин або декількох годин.

Динамічні ряди кардіоінтервалів можна отримати під час аналізу будь-яких кардіографічних записів (електричних, механічних, ультразвукових тощо), проте в цій роботі розглядаються тільки дані аналізу електрокардіосигналів.

Аналіз ВСР передбачає три етапи:

- вимірювання тривалості *RR*-інтервалів і уявлення динамічних рядів кардіоінтервалів у вигляді КІГ;
- аналіз динамічних рядів кардіоінтервалів;
- оцінювання результатів аналізу ВСР.

Тривалість *RR*-інтервалів вимірюють апаратним або програмним шляхом з точністю до одної мілісекунди. Проблема розпізнавання *R*-зубців ЕКГ в різних апаратно-програмних комплексах вирішується по-різному. Динамічні ряди кардіоінтервалів подаються в числовому або графічному вигляді.

Методи аналізу динамічних рядів кардіоінтервалів можна розподілити на візуальні й математичні. Візуальний аналіз кардіоінтервалограм (ритмограм) був введений Д. Жемайтіте [302, 303]. Запропонована нею класифікація ритмограм і сьогодні не втратила своєї актуальності [304].

Математичні методи аналізу розділяють на три великі класи:

- дослідження загальної варіабельності (статистичні методи або часовий аналіз);
- дослідження періодичних складників ВСР (частотний аналіз);

– дослідження внутрішньої організації динамічного ряду кардіоінтервалів (автокореляційний аналіз, кореляційна ритмографія, методи нелінійної динаміки).

Отримані внаслідок аналізу ВСР числові значення (показники ВСР) різні дослідники оцінюють по-різному залежно від використовуваної науково-теоретичної концепції.

Базова інформація про стан систем, що регулюють ритм серця, викладена в «функціях розкиду» тривалостей кардіоінтервалів. До того ж необхідно враховувати й поточний рівень функціонування системи кровообігу. Під час аналізу ВСР мова йде про так звану синусову аритмію, яка відображає складні процеси взаємодії різних контурів регуляції серцевого ритму. За наявності порушень ритму різного походження потрібно застосовувати спеціальні методи відновлення стаціонарності досліджуваного процесу або використовувати особливі аналітичні підходи.

Динамічний ряд кардіоінтервалів можна аналізувати й оцінювати за допомогою різних науково-теоретичних концепцій. Залежно від наукових чи практичних завдань використовують один із таких підходів:

- розглядати змінювання серцевого ритму залежно від адаптаційної реакції всього організму, як прояв різних стадій загального адаптаційного синдрому [305];

- розглядати коливання тривалостей кардіоінтервалів як результат впливу багатоконтурної, ієрархічно організованої багаторівневої системи керування фізіологічними функціями організму. Цей підхід базується на положеннях біологічної кібернетики й теорії функційних систем [110, 306].

До того ж змінювання показників варіабельності серцевого ритму обумовлюються процесом формування різних функційних систем, співвідносних із потрібним на цей момент результатом.

Змінювання серцевого ритму у зв'язку з діяльністю механізмів нейронів гормональної регуляції розглядають як результат активності різних ланок вегетативної нервової системи.

Теорія адаптації на сьогодні є одним з фундаментальних напрямів сучасної біології та фізіології. Адаптаційна діяльність організму людини й тварин не тільки забезпечує виживання й еволюційний розвиток, але й повсякденне пристосування до змін навколишнього середовища.

Теорія Г. Сельє про загальний адаптаційний синдром описує фазовість адаптаційних реакцій і обґрунтовує важливість виснаження регуляторних систем під час гострих і хронічних стресорних впливів у розвитку більшості патологічних станів і захворювань. Система кровообігу може розглядатися як



чутливий індикатор адаптаційних реакцій усього організму [258], а варіабельність серцевого ритму чітко відображає ступінь напруження регуляторних систем, обумовлену виникаючою як відповідь на будь-який стресорний вплив активацією системи гіпофіз-наднирники й реакцією симпатoadреналової системи.

Більш детальний аналіз ВСР із застосуванням методів автокореляційного і спектрального аналізу призвів до розроблення підходу, що базується на положеннях біологічної кібернетики й теорії функційних систем.

Цей підхід базується на уявленні про варіабельності ритму серця як про результат впливу на систему кровообігу численних регуляторних механізмів (нервових, гормональних, гуморальних).

Функційна система регуляції кровообігу становить собою багатоконтурну, ієрархічно організовану систему, в якій домінантна роль окремих ланок визначається поточними потребами організму. Найпростіша двоконтурна модель регуляції серцевого ритму ґрунтується на кібернетичному підході, за якого система регуляції синусового вузла може бути подана як два взаємопов'язані рівні (конттури) – центрального та автономного, з прямим і зворотним зв'язком. До того ж, автономний рівень (контур) обумовлюється з дихальною, а центральний – з недихальною аритмією [293].

Робочими структурами автономного контуру регуляції є синусовий вузол (СВ), блукаючі нерви і їхні ядра в довгастому мозку (контур парасимпатичної регуляції). До того ж дихальна система розглядається як елемент зворотного зв'язку в автономному контурі регуляції серцевого ритму (СР).

Діяльність центрального контуру регуляції, який ототожнюється з симпатoadреналовими впливами на ритм серця, пов'язана з недихальною синусовою аритмією (СА) і характеризується різними повільнохвильовими складниками серцевого ритму. Прямий зв'язок між центральним та автономним контурами здійснюється через нервові (здебільшою симпатичні) й гуморальні зв'язку. Зворотний зв'язок забезпечується афферентною імпульсацією з барорецепторів серця і судин, хеморецепторів і великих рецепторних зон різних органів і тканин.

Автономна регуляція в умовах спокою характеризується наявністю вираженої дихальної аритмії. Дихальні хвилі посилюються під час сну, коли центральні впливи на автономний контур регуляції менші. Різні навантаження на організм, що потребують включення в процес управління

СР центрального контуру регуляції, призводять до послаблення дихального компонента СА і до посилення її недихального компонента.

Центральний контур регуляції СР – це складна багаторівнева система нейрогуморальної регуляції фізіологічних функцій, яка включає численні ланки – від підкіркових центрів довгастого мозку до гіпоталамо-гіпофізарного рівня вегетативної регуляції і кори головного мозку. Її структуру можна схематично уявити як такою, що складається з трьох рівнів.

Із цими рівнями співвідносяться не стільки анатомо-морфологічні структури мозку, скільки певні функційні системи або рівні регуляції:

- перший рівень забезпечує організацію взаємодії організму із зовнішнім середовищем (адаптація організму до зовнішніх впливів). До нього належать центральна нервова система (зокрема коркові механізми регуляції), яка координує функційну діяльність усіх систем організму відповідно до впливів факторів зовнішнього середовища (рівень А);

- другий рівень урівноважує різні системи організму і забезпечує міжсистемний гомеостаз. Головну роль на цьому рівні відіграють вищі вегетативні центри (зокрема гіпоталамо-гіпофізарна система), що забезпечують гормонально-вегетативний гомеостаз (рівень Б);

- третій рівень забезпечує внутрішньосистемний гомеостаз в різних системах організму, зокрема в кардіореспіраторній системі (систему кровообігу і систему дихання можна розглядати як єдину функційну систему). Провідну роль відіграють підкоркові нервові центри, зокрема вазомоторний центр як частина підкоркового серцево-судинного центру, який стимулює або гальмує серце через волокна симпатичних нервів (рівень В).

Недихальна СА становить собою коливання СР з такими періодами: вищий 6–7 секунд, нижчий – 0,15 Гц. Повільні (недихальні) коливання серцевого ритму корелюють з аналогічними хвилями артеріального тиску (АТ) і плетизмограмою. Розрізняють повільні хвилі першого, другого й більш високих порядків. Структура СР включає не тільки коливальні компоненти у вигляді дихальних і недихательних хвиль, але й неперіодичні процеси (так звані фрактальні компоненти).

Походження цих компонентів СР пов'язують з багаторівневими й нелінійними особливостями процесів регуляції серцевого ритму, а також наявністю перехідних процесів. Ритм серця не є лише стаціонарним випадковим процесом з ергодичними властивостями, що означає

повторюваність його статистичних характеристик на будь-яких довільно взятих відрізках.

Варіабельність серцевого ритму відображає складну картину різноманітних керувальних впливів на систему кровообігу з інтерференцією періодичних компонентів різної частоти і амплітуди, тобто з нелінійністю взаємодії різних рівнів управління [293].

У разі використання записів СР з тривалістю менше п'яти хвилин ми штучно обмежуємо кількість досліджуваних регуляторних механізмів (контурів управління), звужуємо діапазон досліджуваних керувальних впливів. Що довшою є низка аналізованих кардіоінтервалів, то більше рівнів регуляторного механізму можна досліджувати.

Найбільш застосовуваний і зрозумілий фізіологам і, особливо, клініцистам є підхід до аналізу ВСР, який базується на уявленні про механізми нейрогормональної регуляції. Як відомо, серця регулюється вегетативною і центральною нервовими системами, а також гуморальними й рефлексорними впливами. Парасимпатична й симпатична нервові системи певним чином взаємодіють, оскільки ними керує центральна нервова система й низка гуморальних і рефлексорних факторів [277].

Симпатичні й парасимпатичні впливи постійно відбуваються на всіх рівнях регуляції. Взаємодія двох відділів вегетативної нервової системи досить складна: ступінь активності одного з відділів вегетативної системи змінюється в разі активності іншого. Це означає, що ритм серця інколи може бути лише поєднанням симпатичної і парасимпатичної стимуляції, а інколи – симпатична або парасимпатична стимуляція складно поєднується з вихідною парасимпатичною або симпатичною активністю [293].

Зазвичай у разі досягнення корисного пристосувального ефекту одночасно спостерігається зменшення активності в одному з відділів вегетативної нервової системи і збільшення в іншому. Наприклад, збудження барорецепторів у разі підвищення артеріального тиску призводить до зменшення частоти й сили серцевих скорочень. Цей ефект обумовлений одночасним збільшенням парасимпатичної і зменшенням симпатичної активності. Такий тип взаємодії співвідноситься із принципом «функційної синергії».

Принципово важливо те, що аналіз ВСР не є вузькоспеціалізованим методом для вирішення певних діагностичних завдань.

На підставі зазначених науково-теоретичних положень можна умовно виокремити чотири напрями застосування методів аналізу ВСР:

- оцінювання функційного стану організму і його змін за допомогою визначення параметрів вегетативного балансу й нейрогуморальної регуляції;
- оцінювання вираженості адаптаційної реакції організму в разі впливу різних стресорів;
- оцінювання стану окремих ланок вегетативної регуляції кровообігу;
- розроблення прогностичних висновків на підставі оцінювання поточного функційного стану організму, вираженості його адаптаційних реакцій і стану окремих ланок регуляторного механізму.

Комплексне оцінювання варіабельності серцевого ритму має на меті діагностику функційних станів. Аналіз ВСР є методом неспецифічної (ненозологічної) діагностики, однак оцінювання сукупності його показників та їхньої динаміки під час повторних обстежень дає змогу скерувати діагностичний пошук в належному напрямі й сприяє уточненню функційного й прогностичного компонентів клінічного діагнозу. Змінювання вегетативного балансу, що становить собою активацію симпатичної ланки, розглядається як неспецифічний компонент адаптаційної реакції у відповідь на різні стресорні впливи.

Базовими показниками ВСР є стандартне відхилення усіх кардіоінтервалів, показник активності парасимпатичної ланки вегетативної регуляції, відносна перевага парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною, індекс напруги регуляторних систем, сумарна потужність спектра варіабельності серцевого ритму, потужність спектра високочастотного компонента варіабельності у відсотках від сумарної потужності коливань, потужність спектра низькочастотного компонента варіабельності у відсотках від сумарної потужності коливань, потужність спектра дуже низькочастотного компонента варіабельності у відсотках від сумарної потужності коливань, індекс централізації [277, 282, 293].

Обчислення середнього квадратичного відхилення є найпростішою процедурою статистичного аналізу ВСР. Значення середнього квадратичного відхилення виражаються в мілісекундах (мс). Сталі значення середнього квадратичного відхилення перебувають в межах 40–80 мс. Зростання або зменшення середнього квадратичного відхилення може обумовлюватися дією автономного контуру регуляції, так і центрального (як з симпатичними, так і з парасимпатичними впливами на ритм серця). Аналізуючи короткі записи, зазвичай спостерігаємо, що зростання середнього квадратичного відхилення вказує на посилення автономної регуляції, тобто зростання впливу дихання на ритм серця, що найчастіше спостерігається уві сні. Зменшення середнього квадратичного відхилення обумовлено посиленням

симпатичної регуляції, яка пригнічує активність автономного контуру. Різке зменшення середнього квадратичного відхилення зумовлено значним напруженням регуляторних систем, коли в процес регуляції включаються вищі рівні управління, що призводить до майже повного пригнічення активності автономного контуру.

Показник активності парасимпатичної ланки вегетативної регуляції обчислюється за динамічним рядом різниць значень послідовних пар кардіоінтервалів і не містить повільнохвильових складників серцевого ритму. Він відображає активність автономного контуру регуляції: що вищим є його значення, то активніша ланка парасимпатичної регуляції. У нормі значення цього показника перебуває в межах 20–50 мс.

Відносний ступінь переваги парасимпатичної ланки регуляції над симпатичною надає інформацію, співвідносну з показником активності парасимпатичної ланки вегетативної регуляції, але оскільки в цьому разі враховуються лише значення різниць, величина яких більше ніж 50 мс, то цей показник чутливіший до високочастотних, «дихальних» коливань серцевого ритму і, отже, чіткіше відображає активність автономного контуру регуляції. За значеннями цього показника можна встановити відносне переважання парасимпатичної або симпатичної ланки регуляції.

Індекс напруги (ІН) регуляторних систем відображає активність механізмів симпатичної регуляції і стан центрального контуру регуляції. Цей показник обчислюється на підставі аналізу графіка розподілу кардіоінтервалів – варіаційної пульсограми. Активація центрального контуру, посилення симпатичної регуляції під час психічних або фізичних навантажень виявляється в стабілізації ритму, зменшенні розбіжності тривалості кардіоінтервалів, збільшенні кількості однакових за тривалістю інтервалів. Форма гістограм змінюється, відбувається їх звуження, одночасно зростає висота. Кількісно це може бути виражено як відношення висоти гістограми до її ширини. У нормі ІН коливається в межах 80–150 умовних одиниць. Цей показник надзвичайно чутливий до посилення тону симпатичної нервової системи. Невелике навантаження (фізичне або емоційне) збільшує ІН в 1,5–2 рази. При значних навантаженнях він зростає в 5–10 разів.

За допомогою ІН деякі дослідники оцінюють функційний стан водіїв [255, 307]. На його підставі розроблялися раціональні режими роботи водіїв таксомоторів.

Сумарна потужність періодичних компонентів серцевого ритму відрізняється від середнього квадратичного відхилення тим, що характеризує

тільки періодичні процеси в ритмі серця і не містить так званої фрактальної частини процесу, тобто нелінійних і неперіодичних компонентів. Він дає змогу оцінити ступінь активації тих ланок регуляторного механізму, які працюють в певному діапазоні частот в межах тривалості аналізованого запису серцевого ритму.

Потужність високочастотного складника спектра (дихальні хвилі) характеризує активність парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи, активність автономного контуру регуляції.

Активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи, як одного з компонентів вегетативного балансу, можна оцінити за ступенем гальмування активності автономного контуру регуляції, який спричиняє парасимпатичний відділ.

Потужність дихальних хвиль виражається в абсолютних значеннях (в мілісекундах у квадраті) або як відносна величина (у відсотках від сумарної потужності спектра).

Потужність низькочастотного складника спектра характеризує здебільшого стан симпатичного центру регуляції судинного тону. У нормі чутливі рецептори синокаротидної зони сприймають змінювання величини артеріального тиску і аферентні нервові імпульси надходять у судиноруховий центр довгастого мозку. Тут відбувається аферентний синтез (оброблення й аналіз інформації), і в судинну систему надходять сигнали управління (еферентна нервова імпульсація). Цей процес контролю судинного тону зі зворотним впливом на гладком'язові волокна судин вазомоторний центр здійснює постійно.

Потужність «дуже» низькочастотного складника спектра серцевого ритму за сучасними уявленнями, обумовлена впливом на ритм серця надсегментного рівня регуляції, оскільки амплітуда цих хвиль тісно пов'язана з психоемоційним напруженням і функційним станом кори головного мозку.

Високий, порівняно з нормою, рівень потужності можна вважати гіперадаптивним станом, знижений рівень вказує на енергодефіцитний стан.

Індекс централізації відображає ступінь переважання активності центрального контуру регуляції над автономним. У нормі він перебуває в межах від 1,3 до 2,5. У разі впливу стресорних факторів і під час різних захворювань величина індексу централізації може сягати 5–6.

Автори праць [250, 258] запропонували інтегральний критерій оцінювання функційного стану людини – показник активності регуляторних

систем (ПАРС), що відображає загальну реакцію організму на вплив факторів навколишнього середовища.

Він обчислюється в балах за спеціальним алгоритмом, що враховує статистичні показники, показники гістограми і дані спектрального аналізу кардіоінтервалів. ПАРС дає змогу диференціювати різні ступені напруженості регуляторних систем і оцінити адаптаційні можливості організму [253]. ПАРС обчислюють за алгоритмом, що враховує п'ять критеріїв:

- А. Сумарний ефект регуляції – за показниками частоти пульсу – *ЧП*.
- Б. Сумарну активність регуляторних механізмів – за середнім квадратичним відхиленням – *SD* (або за сумарною потужністю спектра – *TP*).
- В. Вегетативний баланс – за комплексом показників: індексом напруженості регуляторних систем – *I<sub>n</sub>*, квадратному кореню з суми квадратів різниці величин послідовних пар *R-R* інтервалів – *RMSSD*, високочастотним коливанням – *HF*, індексом централізації – *IC*.
- Г. Активність вазомоторного центру, що регулює судинний тонус – за потужністю спектра повільних хвиль першого порядку – *LF*.
- Д. Активність серцево-судинного підкоркового нервового центру або надсегментарних рівнів регуляції – за потужністю спектра повільних хвиль другого порядку – *VLF*.

Значення ПАРС надаються в балах від 1 до 10. На підставі аналізу значень ПАРС можна діагностувати такі функційні стани:

- стан оптимального напруження регуляторних систем, необхідного для підтримання активної рівноваги організму з середовищем (норма ПАРС = 1–2);
- стан помірного напруження регуляторних систем, коли для адаптації до умов навколишнього середовища організму потрібні додаткові функційні резерви. Такі стани виникають під час адаптації до трудової діяльності, у разі емоційного стресу або в разі дії несприятливих екологічних факторів (ПАРС = 3–4);
- стан вираженого напруження регуляторних систем, яке обумовлене активною мобілізацією захисних механізмів, зокрема підвищенням активності симпатико-адrenalової системи і системи гіпофіз-наднирники (ПАРС = 4–6);
- стан перенапруги регуляторних систем, якому властива недостатність захисно-приспосувальних механізмів, їх нездатність забезпечити адекватну реакцію організму на вплив факторів навколишнього

середовища; надлишкова активація регуляторних систем вже не підкріплюється відповідними функційними резервами (ПАРС = 6–7);

- стан виснаження (астенізація) регуляторних систем, за якого активність керувальних механізмів знижується (недостатність механізмів регуляції) і з'являються характерні ознаки патології; специфічні зміни чітко переважають над неспецифічними (ПАРС = 7–8);

- стан «злому» адаптаційних механізмів (зрив адаптації), коли домінують специфічні патологічні відхилення і здатність адаптаційних механізмів до саморегуляції частково або повністю порушена (ПАРС = 8–10).

Під час оцінювання значень ПАРС умовно виокремлюють три зони функційних станів, для наочності поданих у вигляді «світлофора»:

- зелений: означає, що все гаразд, не потрібно ніяких спеціальних заходів з профілактики та лікування;

- жовтий: вказує на необхідність проведення оздоровчих і профілактичних заходів;

- червоний: показує, що потрібно спочатку діагностувати, а потім і лікувати можливі захворювання.

Виокремлення зеленої, жовтої і червоної зон здоров'я дає змогу характеризувати функційний стан людини щодо ризику розвитку хвороби. Для кожного ступеня «сходів стану» передбачений «діагноз» функційного стану за ступенем вираженості напруженості регуляторних систем. Крім того, можна встановити приналежність обстежуваного до одного з чотирьох функційних станів за прийнятою в донозологічній діагностиці класифікацією [288].

Цей показник характеризує напруженість інформаційних каналів регуляції в організмі людини і реакцію цих каналів на вплив факторів навколишнього середовища [308]. З початком його використання була підтверджена можливість оцінювання впливу на водіїв як типу транспортних засобів, так і складності маршруту їхнього руху [8, 263].

Значення ПАРС виражаються в баллах от 1 до 10. На підставі аналізу значень ПАРС можна продіагностувати рівні напруження під час різних функційних станів організму.

Показник активності регуляторних систем надають у вигляді суми умовних балів і залежно від його величини визначають, у якому стані перебуває людина: до 3 балів – нормальний стан, від 3 до 6 балів – стан напруження; від 6 до 8 балів – стан перенапруження; від 8 до 10 балів – виснаження (астенізія). У праці [271] детально розглянуто діапазони функційних станів: до 3 балів – фізіологічна норма (1 бал – оптимальний



рівень, 2 бали – нормальний рівень, 3 бали – помірна функційна напруженість); від 4 до 5 балів – донозологічний стан (4 бали – виражена функційна напруженість, 5 балів – різко виражена функційна напруженість); від 6 до 7 балів – преморбідний стан ( 6 балів – перенапруга регуляторних механізмів, 7 балів – різко виражена перенапруга регуляторних механізмів); від 8 до 10 балів – зрив адаптації (8 балів – виснаження регуляторних систем, 9 балів – різко виражене виснаження регуляторних систем, 10 балів – зрив механізмів адаптації) [8].

Перенапруга систем регуляції може призвести до зриву адаптації з неадекватною зміною рівня функціонування базових систем організму і появи патологічних синдромів і захворювань [253]. Із зазначеного випливає, що стан регуляторних механізмів організму людини не повинен сягати рівня надмірного стомлення, перенапруги й зриву адаптації.

## **2.6 Тестові та інші методи оцінювання функційного стану водія**

Оцінити функційний стан людини можна також за допомогою спеціальних тестових методів [67, 309–312]. Методи якісного оцінювання дають змогу за безперервної реєстрації функційного стану розпізнавати періоди різних рівнів напруженості її роботи, але не придатні для оцінювання динаміки змінювання працездатності. Із огляду на це в дослідженнях щодо визначення надійності доводиться використовувати методи, які дають змогу оцінити ті самі механізми роботи центральної нервової системи, що і в досліджуваній трудовій діяльності.

Під час проведення дорожніх досліджень використовуються такі тести, як червоно-чорні таблиці, які дають змогу визначити стійкість уваги людини за різних станів центральної нервової системи [67, 310, 313].

Використовується також метод коректурних проб, який полягає в викреслюванні певних літер або цифр з випадково розташованих знаків [67, 313]. Стан і продуктивність психічних функцій характеризується тривалістю виконання завдань за тестами.

Проте в дослідженнях інтерес становить не тривалість часу, а динаміка його змінювання.

Тестові методи дають змогу отримати кількісні характеристики процесів, що не корелюють із психофізіологічними показниками випробовуваного. Вони визначаються як відношення тривалості виконання тестових завдань і кількості здійснюваних помилок до фонових показників. За допомогою тестових методів можна визначити енерговитрати людини в

різні періоди трудової діяльності для досягнення однакового виробітку. Ці показники дають змогу оцінити працездатність протягом робочого дня, проте, використовувати лише тестові методи для оцінювання стану людини і міри її стомлення недостатньо.

Оцінити функційний стан водія ще можна шляхом вивчення процесу розподілу його уваги в дорожніх умовах. Цей метод, що полягає в реєстрації руху очей, використовують для вивчення процесу сприйняття людиною

зовнішнього світу [67, 314], формування зорового образу [67, 315], для оцінювання швидкості приймання й переробки інформації та емоційної напруженості [1, 67, 316, 317], аналізу процесу читання і вирішення прикладних завдань із інженерної психології [67, 318].

Робота людини в режимі зорового пошуку дає змогу встановити зв'язок між характеристиками зорового поля і тимчасовими характеристиками руху очей [67, 229, 319]. Під час вивчення сприйняття порогових величин і процесу адаптації виявлено суттєве змінювання характеристик руху очей – тривалих фіксації під час сприйняття порогових стимулів [67, 320].

У роботах [67, 314, 315, 321] зазначено, що під час звичайної діяльності людини продуктивне зорове сприйняття без рухів очей відбуватися не може.

Методи вивчення зорової уваги базуються на тому, що рухи ока відображають переміщення зорової уваги в просторі, а фіксація ока – зупинку й концентрацію його на певному об'єкті [67, 321–323].

Найпростішим способом реєстрації переміщення уваги є кінофотографування очей людини. Він використовується давно, здебільшою у разі неможливості використання контактних або електрофізіологічних методів реєстрації. Однак зважаючи на незначну точність вимірювань цей метод використовують тільки для якісного оцінювання переміщення уваги іспитника [67, 324].

Використання цього методу в реальних дорожніх умовах мало негативний результат унаслідок неможливості розшифрувати кінострічку в разі руху очей в інтервалі  $10\text{--}15^\circ$ , у якому й відбувається переміщення уваги водія під час сприйняття ним дорожніх умов [67].

У дослідженнях великий інтерес становлять точні методи реєстрації руху очей. Вони поділяються на дві групи – контактні й безконтактні. До безконтактним належать фотоелектричні й електрофізіологічні методи дослідження [67].

Контактний спосіб реєстрації ока є високоточним і дає змогу записати переміщення очей менше ніж за одну кутову хвилину [314].

Фотоелектричний метод реєстрації руху очей базується на використанні фотодавача, чутливого до певної довжини світлової хвилі. За допомогою цього методу можна реєструвати як складові горизонтальні й вертикальні, так і сумарні рухи [67]. У дослідженнях перевагу надано безконтактному електроокулографічному методу, за допомогою якого процес зорового сприйняття вивчають через біопотенціали, що виникають у живих тканинах. Між рогівкою і дном ока (сітківкою) існує стійка різниця потенціалів, що становить 1–2 мВ. Навколо очного яблука створюється електричне поле з концентричними силовими лініями за вісею ока, яке рухається разом з очним яблуком і залишається незмінним.

Потенціал, що виникає під дією електричного поля ока пропорційний куту повороту очного яблука. Він вимірюється під час проведення електроокулографії за допомогою спеціальних електродів і підсилювачів [67].

Точність вимірювання залежить від двох факторів – ступеня посилення сигналу й лінійності зв'язку між кутом повороту очного яблука й виниклим при цьому потенціалом під електродами.

Проте методи реєстрації руху очей людини, застосовувані під час психофізіологічних досліджень, мають істотний недолік: під час розшифрування електроокулографічного запису важко точно уявити об'єкт, на який в певний момент була спрямована увага іспитника. Цього недоліку можна уникнути у разі використання спеціальної апаратури, яка дає змогу записати рух очей за допомогою тонкого променя світла, спрямованого на око. Зображення у вигляді світлової плями потрапляє в об'єктив кінокамери, де на один і той самий кадр проектується і зображення простору перед водієм [67]. Далі поєднують світлову пляму, відбиту оком і початкове її розташування з об'єктом, на який спрямований погляд водія.

Дослідники у своїх працях оцінюють функційний стан людини-оператора за допомогою аналізу мови оператора [8, 192, 325, 326]. Існують стійкі фізичні параметри емоційної виразності мови, що відображають динаміку функційного стану. На підставі змінювання частотних характеристик мови можна зробити висновок про ступінь і особливості емоційного напруження [191].

Щодо стану нервово-емоційного напруження, то про це можна дізнатися шляхом аналізу концентрації в слині водія натрію й калію. Цей метод є досить точним під час визначення впливу різноманітних стресів [8, 327].

Оцінити функційний стан можна за допомогою методів оцінювання психічного й фізіологічного складника регуляції гомеостазу [328], також аналізуючи час простої сенсомоторної реакції за спеціальною комп'ютерною програмою [329].

Діагностувати функційний стан організму людини можна на підставі експрес-оцінки поточних електричних характеристик рефлексогенних біологічно активних зон шкіри [330]. На вивченні електричних властивостей цих зон базується дія комп'ютерного електропунктурного сканера, призначенням якого є дослідження динаміки функційного стану людини [331].

Функційний стан організму оцінюють також з допомогою електрографічного методу – газорозрядної візуалізації. Метод базується на ефекті Кірліан – реєстрації світла, спричиненого фотонами, електронами, а також іншими частками поблизу поверхні біологічних об'єктів, що розміщені в електромагнітному полі високої напруги [259].

Функційний стан людини оцінюють за допомогою методу комплексної реєстрації психофізіологічних функцій (поліефекторний метод) [8, 332], який полягає в можливості одночасної реєстрації багатьох психофізіологічних параметрів. Такий підхід реалізовано в комплексі для психофізіологічного тестування [8, 333]. Принцип його дії базується на реєстрації фізіологічних даних (електрокардіограми і часу реакції на світловий імпульс), а також реєстрації відповідей (так/ні) на запитання тестів і часових інтервалів між відповідями.

Використовують також низку інших методів оцінювання функційного стану водія-оператора [334–345].

## **2.7 Висновки до розділу**

1. Надійність функціонування системи ВАДС обумовлюється надійністю роботи всіх його елементів, насамперед надійністю роботи водія.

2. Надійність і безперебійність роботи системи ВАДС значною мірою обумовлюється змінюванням функційного стану водія, яка впливає на втомлюваність, працездатність і продуктивність праці водія.

3. Аналіз методів оцінювання функційного стану водія засвідчив, що найбільш повним і інформативним методом є оцінювання стану всього організму шляхом реєстрації електрокардіограми і визначення показника активності регуляторних систем.

## 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ФУНКЦІЙНИЙ СТАН ВОДІЯ

### 3.1 Вибір і оцінювання значущості факторів, які впливають на функційний стан водія

Для оцінювання значущості факторів, що впливають на функційний стан водія, було відібрано їхню певну кількість відповідно до рекомендацій [126].

Відібрані для оцінки значущості фактори було занесеної в спеціально розроблену анкету, за допомогою якої проводили опитування водіїв немаршрутизованого транспорту (рис. 3.1).

#### Анкета

для визначення значущості факторів, що впливають  
на функційний стан водія

**Які з перерахованих факторів спричиняють зростання у Вас  
нервово-емоційного напруження? Вкажіть значущість факторів в порядку спадання**

з/п	Фактор	Значущість (ранг)
1	Тривалість поїздки	
2	Стан дорожнього покриття	
3	Інтенсивність руху	
4	Наявність транспортних заторів	
5	Кількість перехресть	
6	Час доби (сутінки, вечір)	
7	Погодні умови (туман, дощ)	
8	Комфортність автомобіля	
9	Кількість пішохідних переходів	

*Примітка. Бали: «1» – найбільш значущий фактор, «9» – найменш значущий фактор.*

Рисунок 3.1 – Анкета опитування водіїв (експертів) для визначення  
значущості факторів, що впливають на функційний стан водія

Кількість анкет визначалася відповідно до рекомендацій, наведених у роботі [346], згідно з якими для величини, ймовірність якої дорівнює 0,95, а допустима похибка 0,05, розмір вибірки становить 384. Під час обстеження було опитано 400 водіїв.

Для визначення значущості факторів під час оброблення даних застосовувався метод рангової кореляції [347]. Була побудована гістограма значущості факторів, що впливають на функційний стан водія (рис. 3.2).

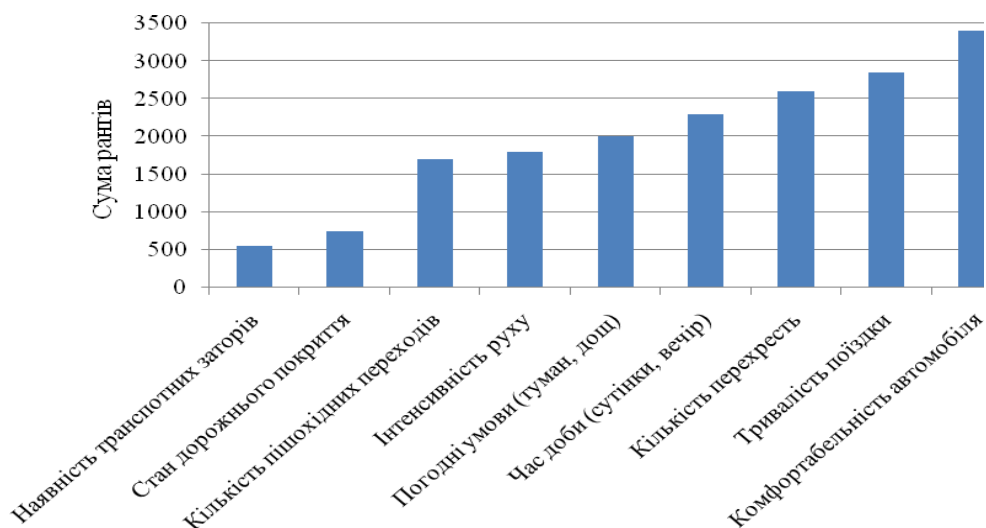


Рисунок 3.2 – Гістограма значущості факторів, що впливають на функційний стан водія

Оскільки фактори 8 і 9 за сумою рангів значно відрізняються від інших, вони можуть бути виключені з подальшого дослідження [2]. Оцінка ступеня узгодженості думок експертів була проведена із використанням коефіцієнта конкордації Кендала [347]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3.1)$$

де  $W$  – коефіцієнт конкордації Кендала;

$m$  – кількість експертів;

$n$  – кількість факторів;

$S$  – сума квадратів відхилень;

$$S = \sum_{j=1}^n (X_j - X_{cp})^2, \quad (3.2)$$

де  $X_j$  – сума рангів за  $j$ -им фактором;

$X_{cp}$  – середня сума рангів.

За допомогою формул (3.1) і (3.2) було розраховано коефіцієнт конкордації, який дорівнює 0,75, що свідчить про узгодженість думок експертів.

Для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації розраховали емпіричне значення критерію  $\lambda^2$  Пірсона за формулою [2, 347]:

$$\lambda^2 = \frac{12S}{mn(n+1)} . \quad (3.3)$$

Розрахункове значення критерію  $\lambda^2$  порівнюється з критичним, яке знаходиться за допомогою таблиць [348] або розраховується з урахуванням ступенів свободи  $df = n - 1$  і заданого рівня довірчої ймовірності, рівної 0,95. Гіпотеза про узгодженість думок експертів приймається, якщо емпіричне значення критерію більше за табличне. Значення критерію, розраховане за формулою (3.3), більше за табличне. Звідси можна зробити висновок про те, що думки експертів не є випадковими.

З рисунка 3.2 зрозуміло, що найбільш значущим чинником є наявність транспортних заторів. Висока значимість цього чинника пояснюється його негативним впливом на психоемоційний стан водія, збільшенням часу поїздки. Другим за значущістю виявився фактор стану дорожнього покриття. Негативний вплив цього фактора на стан водія очевидний: поганий стан дороги призводить до зменшення швидкості і збільшення часу поїздки. Наступний за значущістю фактор – кількість пішохідних переходів, оскільки водій під час їхнього перетину постійно перебуває в психічному напруженні. Четвертим виявився фактор, що відображає інтенсивність руху. Рухаючися в щільному транспортному потоці, водій постійно повинен дотримуватися безпечної дистанції руху. Це збільшує його психоемоційне напруження. Такі фактори, як погодні умови, час доби й кількість перехресть, виявилися на п'ятому, шостому й сьомому місцях відповідно. Найменш значущі фактори – комфортабельність автомобіля і тривалість поїздки.

### **3.2 Залежність функційного стану водія від його індивідуально-типологічних особливостей**

Індивідуальні особливості є зовнішнім вираженням темпераменту людини.

Темперамент – це психічна властивість особистості, що характеризується динамікою протікання психічних процесів. Розрізняють чотири базові темпераменти: сангвінік, холерик, флегматик, меланхолік.

Сангвінік – людина швидка, рухлива, відразу переходить від однієї справи до іншої, швидкою змінюються настрої, які не залишають у її свідомості помітного сліду. Змінювані емоційні стани виявляються в міміці й

жестах. Сангвінік характеризується кмітливістю і здатний виконувати завдання, якщо вони не дуже важкі. У стосунках з людьми він відрізняється високою комунікабельністю, налаштований оптимістично, але покvapливий у прийнятті рішень [3].

Психічні реакції холерика сильні й швидкі, він легко збуджується під дією зовнішніх подразників, внутрішні почуття й переживання найчастіше мають яскравий зовнішній прояв. Холерик нестриманий, запальний. Емоції виявляються бурхливо та яскраво. Почуття такої людини охоплюють цілком і залишають після себе глибокий слід. Холерик володіє великою енергією і активністю. Порівняно з іншими різновидами нервової системи, цей тип менш схильний до страху, рішучий, ініціативний, діє з великим емоційним піднесенням [3].

Флегматик – людина повільна, врівноважена, спокійна, зміна настрою відбувається повільно, зовнішнє вираження переживань слабе. Флегматик стійкий до зовнішніх подразників, з малоактивною мімікою, жестами невиразними, повільної промовою. Представники цього типу нервової системи довго обдумують майбутні дії, зрідка й дуже важко переходять до іншого різновиду діяльності.

Меланхолік – представник найменш стійкого типу нервової системи зі слабкими нервовими процесами, для якого характерна повільна зміна настрою. Характеризується одноманітністю почуттів, які часто знаходять зовнішній прояв. Часто нестриманий і нерідко замкнений. Відрізняється низькою товариськістю і нерішучістю дій, млявістю і пасивністю.

У чистому вигляді темпераменти зустрічаються дуже рідко. Людина зазвичай поєднує в собі низку рис, що властиві декільком різновидам темпераментів. Темперамент впливає на перебіг психічних процесів і виявляється в поведінці, вчинках і діях людей. Темперамент людини обумовлюється типом вищої нервової діяльності і визначається врівноваженістю і змінюваністю двох нервових процесів – збудження і гальмування [3].

Стан нервової системи людини визначається її здатністю протистояти значним психічним і фізичним навантаженням.

Врівноваженість водія обумовлюється співвідношенням процесів роздратування і збудження, що характеризує стійкість його настрою. При цьому відсутня підвищена дратівливість.

Рухливість нервових процесів івдображає легкість переходу від стану збудження до стану гальмування, і навпаки, а також можливість вільного



переключення між різними видами діяльності та швидко пристосовуваність до нових обставин.

У сангвініка нервові процеси сильні, рухливі та врівноважені. У холерика – сильні, рухливі, але неврівноважені. У флегматика – сильні, врівноважені, інертні. У меланхоліка нервові процеси слабкі, неврівноважені, можуть бути рухомими або інертними [3].

Сангвінік краще виявляє свої якості в умовах міського руху, але недостатньо стійкий до дії монотонних подразників. Можлива ймовірність засипання за кермом під час руху на довгі дистанції в разі одноманітності ландшафту.

Холерик активний, але недостатньо стриманий, тому він швидко стомлюється, що зменшує його надійність під час тривалих поїздок.

Флегматик врівноважений і спокійний. Його висока витривалість щодо монотонних подразників сприяє його придатності до далеких рейсів.

Меланхолікові властиві нерішучість, розгубленість у складних обставинах, тому він найменш придатний для діяльності водія.

Базові характеристики нервових процесів (сила процесів збудження й гальмування, їхня врівноваженість, рухливість, динамічність і лабільність) обумовлюють професійну діяльність у будь-якій галузі, хоча різні професії потребують прояву різних властивостей, і категоричність цих вимог різна. Індивідуально-типологічні особливості мало змінюються протягом професійної діяльності і належать до найбільш стабільних властивостей. До того ж потрібно пам'ятати, що одна й та сама типологічна властивість може мати як позитивні, так і негативні (з погляду професійної успішності) прояви: слабкість нервових процесів визначає низьку межу працездатності і водночас високу чутливість; інертність нервових процесів виявляється в малих показниках швидкості нервової діяльності і в міцності тимчасових зв'язків тощо. Таким чином, природна недостатність однієї функції компенсується перевагою іншої, не менш важливої. А різні типи вищої нервової діяльності необхідно розглядати не як різні ступені досконалості нервової діяльності, а як «різні способи урівноважування організму із середовищем» [349].

Залежно від індивідуально-типологічних властивостей водія, у нього по-різному відбувається зміна функційного стану.

Змінювання функційного стану водія впливає на ступінь його стомлення і, як наслідок, на безпеку роботи системи ВТПС.

Функційний стан водія визначається шляхом реєстрації електрокардіограми та розрахунком показника активності регуляторних систем організму за методикою професора Р. М. Баєвського.

Результати вибірових експериментальних досліджень щодо оцінювання функційного стану водіїв різних темпераментів наведено на рисунку 3.3.

Дослідження проводилися протягом двох годин за тим самим маршрутом на легкових автомобілях однакового класу з восьмої до десятої години.

З рисунка 3.3 зрозуміло, що водій з темпераментом холерика відчуває найбільше напруження. Відповідно, він значно раніше за інших втомлюється, а ймовірність прийняття неадекватних рішень у нього буде вищою.

ПАРС водія-сангвініка в першу годину їзди підвищується незначно, потім дещо знижується і підвищується до кінця другої години.

ПАРС водія-флегматика підвищується протягом півтори години і до кінця другої години повертається до початкового стану.

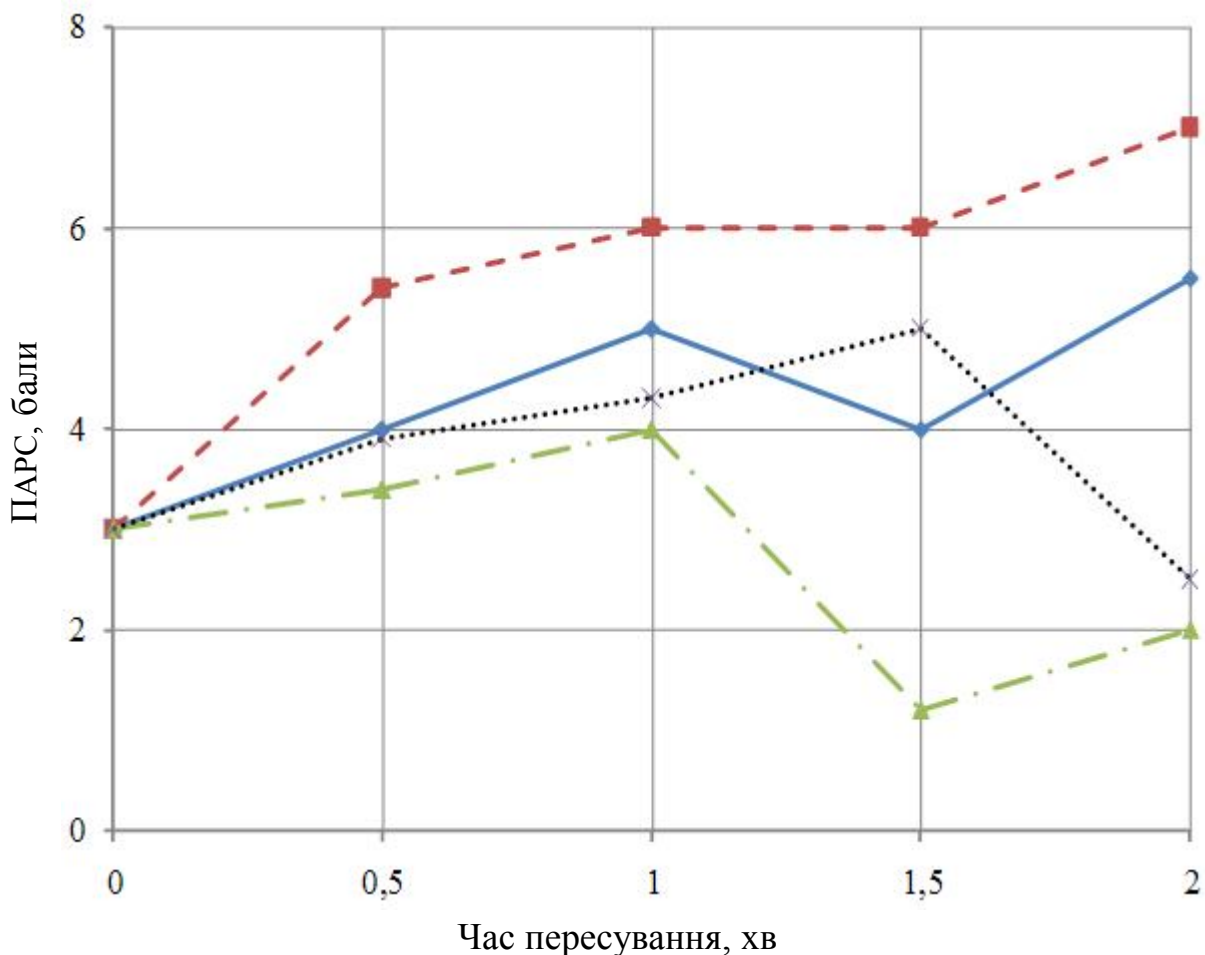


Рисунок 3.3 – Змінювання функційного стану водіїв із різними темпераментами:

...x... — Флегматик. —◆— Сангвінік. —■— Холерик. —▲— Меланхолік

Водій-меланхолік практично не відчуває напруження. ПАРС у нього в нормі. Деяке його підвищення, а потім різке зниження можуть пояснюватися його розгубленістю в складній ситуації і запізненням у прийнятті рішення.

### **3.3 Експериментальні дослідження змінювання функційного стану водія в транспортному заторі**

#### **3.3.1 Вплив ергономічних властивостей автомобіля на функційний стан водія**

Діяльність водія обумовлюється дорожньо-транспортними обставинами, які постійно змінюються. На них впливають як фактори зовнішнього середовища, так і параметри мікроклімату кабіни. Водій постійно сприймає і обробляє інформацію, що надходить із зовнішнього середовища та з контрольних приладів і давачів. Крім того, він зазнає негативного впливу шуму й вібрацій, які спричиняють його стомлення і зниження рівня працездатності.

Складність праці водія визначається такими факторами.

##### **1. Технічні:**

- тип транспортного засобу;
- технічний стан рухомого складу;
- вантажопідіймальність транспортного засобу;
- загальна маса автомобіля;
- динамічні якості автомобіля;
- габарити транспортного засобу;
- наявність причепа.

##### **2. Технологічні:**

- тип маршруту;
- спосіб доставки вантажу;
- наявність спеціального обладнання на автомобілі;
- спосіб проведення навантажувально-розвантажувальних робіт;
- клас вантажу;
- габарити вантажу (для великовагових великогабаритних вантажів).

##### **3. Організаційні:**

- стабільність маршруту;
- інтенсивність руху;
- пасажиропотік;
- протяжність маршруту;
- частота зупинкових пунктів;
- контроль за регулярністю руху;
- непрямолінійність маршруту;
- пропускна здатність зупинкового пункту;

- напруженість техніко-експлуатаційних показників;
- пересіченість маршруту;
- наявність спецполоси для руху автобуса;
- графік доставки вантажу;
- перевезення у зворотному напрямі.

#### 4. Дорожньо-кліматичні:

- тип дорожнього покриття;
- стан покриття;
- природно-кліматичні;
- робота в кар'єрах, в гірських умовах.

#### 5. Економічні:

- форми і системи оплати праці;
- організація праці;
- форми нарахування й розподілу заробітної плати в бригаді;
- економічні результати діяльності підприємств.

#### 6. Соціальні:

- кваліфікація;
- вік водія;
- стаж роботи;
- режим праці;
- тривалість робочого дня;
- перервність робочого графіка;
- рівень трудової дисципліни;
- суміщення обов'язків;
- сучасна інфраструктура транспортного підприємства.

#### 7. Ергономічні:

- зручність розташування важелів управління;
- наявність у кабіні токсичних речовин;
- рівень шуму й вібрацій;
- температура в кабіні;
- вентиляція в кабіні;
- запиленість;
- коефіцієнт оглядовості;
- теплова радіація;
- освітленість приладів;
- вологість повітря;
- освітленість кабіни;
- розмір кабіни.

#### 8. Організаційно-технічні:

- інтенсивність руху;
- пропускна здатність дороги;
- частота перехресть зі світлофорним регулюванням;
- дозволена швидкість на ділянках маршруту.

До активних факторів належать організаційні, економічні й соціальні, до пасивних – техніко-технологічні, дорожньо-кліматичні, організаційно-технічні. Всі ці фактори безпосередньо впливають на ефективність праці водіїв через психофізіологічні та соціальні результати праці: стомлюваність, схильність до хвороб, безпека руху, плинність кадрів тощо. Процес керування автомобілем становить собою складний комплекс різних дій, відображення різних параметрів системи ВАДС.

У зв'язку з цим, ергономіці автомобіля відводиться важливе значення у забезпеченні надійності роботи водія й підтриманні рівня його працездатності тривалий час.

Ергономіка – наука, метою якої є пристосування праці до фізіологічних і психічних можливостей людини для забезпечення ефективності роботи, що не загрожує здоров'ю людини й виконується за мінімальної витрати біологічних ресурсів [350].

З визначення випливає, що необхідно обладнати робоче місце водія таким чином, щоб він міг керувати автомобілем з мінімальними енергетичними затратами.

У транспортному потоці одночасно пересуваються транспортні засоби різних марок і типів. Водії, що керують ними, відчують різні психо-емоційні навантаження залежно від конструктивних особливостей автомобілів, факторів зовнішнього середовища, мікроклімату в кабіні тощо. Мікроклімат кабіни – це сукупність температури повітря, її вологості і швидкості пересування. Температура повітря в кабіні повинна перебувати в межах 15–25 °С [3].

Для забезпечення сталої роботи водія велике значення мають шум і вібрації, що обумовлюються ергономічними характеристиками автомобіля [1, 3]. Допустима межа шуму становить 75 дБ за частоти 1000 Гц. Під впливом шуму збільшується прихований період реакції, послаблюється зір. Шум, як і вібрації, спричиняють погіршення функційного стану водія, внаслідок якого швидко розвивається стомлення [1, 3, 106, 107].

Все це свідчить про те, що необхідно проводити дослідження щодо оцінювання впливу ергономічних характеристик автомобіля на функційний стан водія.

Під час керування автомобілем водій сприймає інформацію, аналізує її, обробляє і на їхній підставі виробляє стратегію поведінки. Інформація оцінюється на підставі її зіставлення з концептуальною моделлю ситуацій [351].

Підтримка системи ВАДС в стабільному, працездатному стані вимагає від водія витрати енергетичних сил, які призводять до розвитку втоми.

Стомлення, що виникає у водія автомобіля, є комбінованою, оскільки в його роботі елементи фізичної праці поєднуються з елементами інтенсивної розумової діяльності і великим емоційним напруженням. До того ж емоційне напруження домінує і є головним чинником, що визначає розвиток процесу стомлення [3].

Велике нервово-емоційне напруження водія обумовлено постійною готовністю реагувати на різні раптово виниклі зміни в дорожніх обставинах.

Стомленню сприяють незручне сидіння, конструктивні особливості автомобіля, низька температура повітря, часті перепади температури в кабіні автомобіля, погана видимість [3, 352–381].

На розвиток стомлення також впливають часте змінювання освітленості і недостатня освітленість дороги в темний час доби, шум, вібрація, потрапляння в кабіну парів бензину або відпрацьованих газів [3].

Додатковими причинами емоційного напруження водія є швидкість руху, що не співпадає зі швидкістю потоку транспортних засобів; почуття відповідальності за збереження вантажу, безпеку пасажирів і свою власну; нерівномірність надходження інформації, яка коливається в межах між повною відсутністю значущих подразників і їхньої великої кількості за хвилину; постійна потреба прийняття надзвичайно відповідальних рішень [382–383].

Стомлення спричиняє змінювання функційного стану водія, а ергономічні характеристики автомобіля також впливають на змінювання функційного стану водія.

Щоб оцінити, як ергономічні характеристики автомобіля впливають на функційний стан водія, було проведено експериментальні дослідження, які полягали в проїзді водія по одному і тому самому маршруту в ранковий піковий період в різні дні і на різних за класом автомобілях (порівнювалися автомобілі Skoda Superb 2008-го року випуску і ВАЗ 2104 1988-го року випуску). Одночасно постійно реєструвалася електрокардіограма водія, щоб оцінити його функційний стан.

Результати деяких досліджень надано на рисунку 3.4.

Довжина маршруту була підібрана таким чином, щоб водій потрапив у трьох різних транспортних заторів. Для порівняння та аналізу було допущено ті випадки проїзду, за яких початкові значення показників активності регуляторних систем були однаковими.

Як зрозуміло з рисунка 3.4, функційний стан водія під час проїзду на автомобілі Skoda Superb значно поліпшується порівняно з проїздом на автомобілі ВАЗ 2104. Різниця в зміні функційного стану в кінці поїздки становить 1,2 бала. Це свідчить про те, що під час проїзду на автомобілі з кращими ергономічними характеристиками стомлення у водія розвивається повільніше. Під час знаходження водія в транспортних заторах тип і клас автомобіля особливо не впливає на його функційний стан.

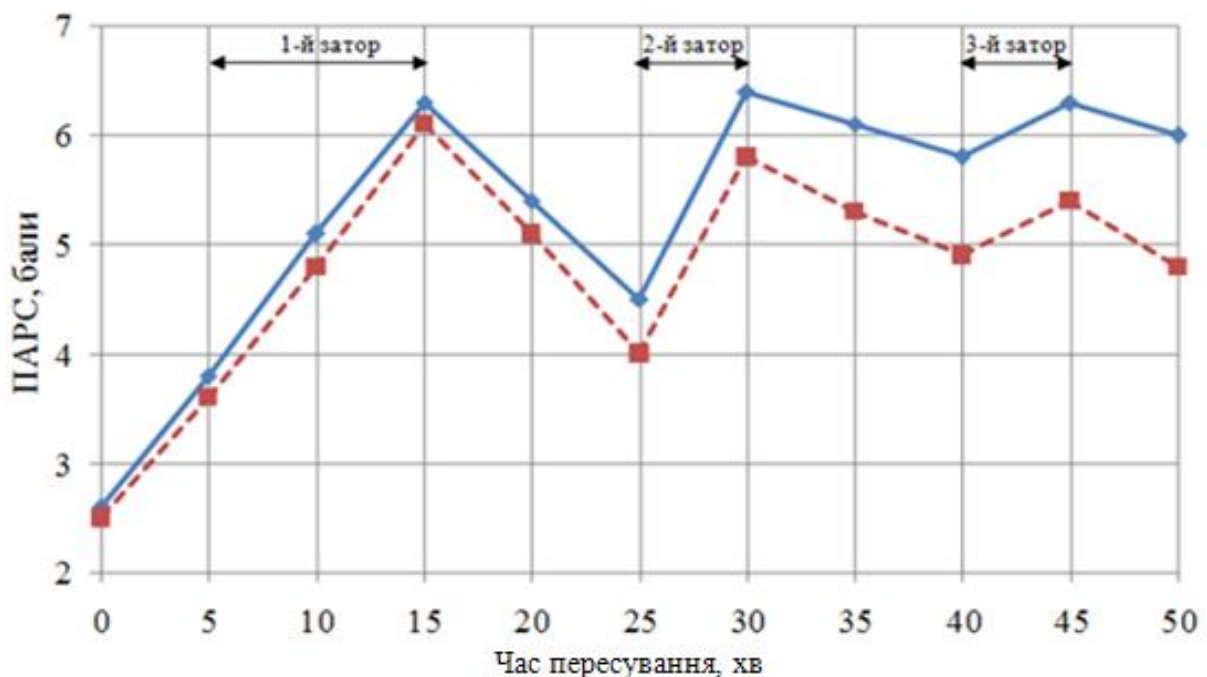


Рисунок 3.4 – Змінювання функційного стану водія під час його пересування на автомобілях різних марок:

—◆— — ВАЗ 2104. —■— — Skoda Superb

Проведені дослідження свідчать про об'єктивність впливу ергономічних характеристик автомобіля на змінювання функційного стану водія під час руху. При цьому виявлено, що ергономічні характеристики автомобіля істотно не впливають на функційний стан водія під час його знаходження в транспортному заторі. Це свідчить про значущість і переважання психоемоційних властивостей водія над умовами комфорту. Однак під час руху автомобіль з кращими ергономічними характеристиками сприятливо діє на водія, покращуючи його функційний стан.

Було проведено також дослідження щодо оцінювання змінювання функційного стану водія вантажного автомобіля.

Водії вантажних автомобілів відчують напруження в щільному транспортному потоці і в заторі внаслідок того, що ці автомобілі мають великі габарити і масу порівняно з легковими автомобілями [8, 384, 385]. Водієві вантажного автомобіля доводиться постійно витримувати не тільки дистанцію між ним і автомобілем, що їде попереду, але й бічні проміжки між автомобілями, що рухаються в сусідніх рядах.

Для аналізу і зіставлення результатів досліджень було обрано водіїв з однаковим типом нервової системи, які пересувалися в однакових умовах, початкове значення ПАРС у них було приблизно однакове.

Результати деяких досліджень наведено на рисунку 3.5.

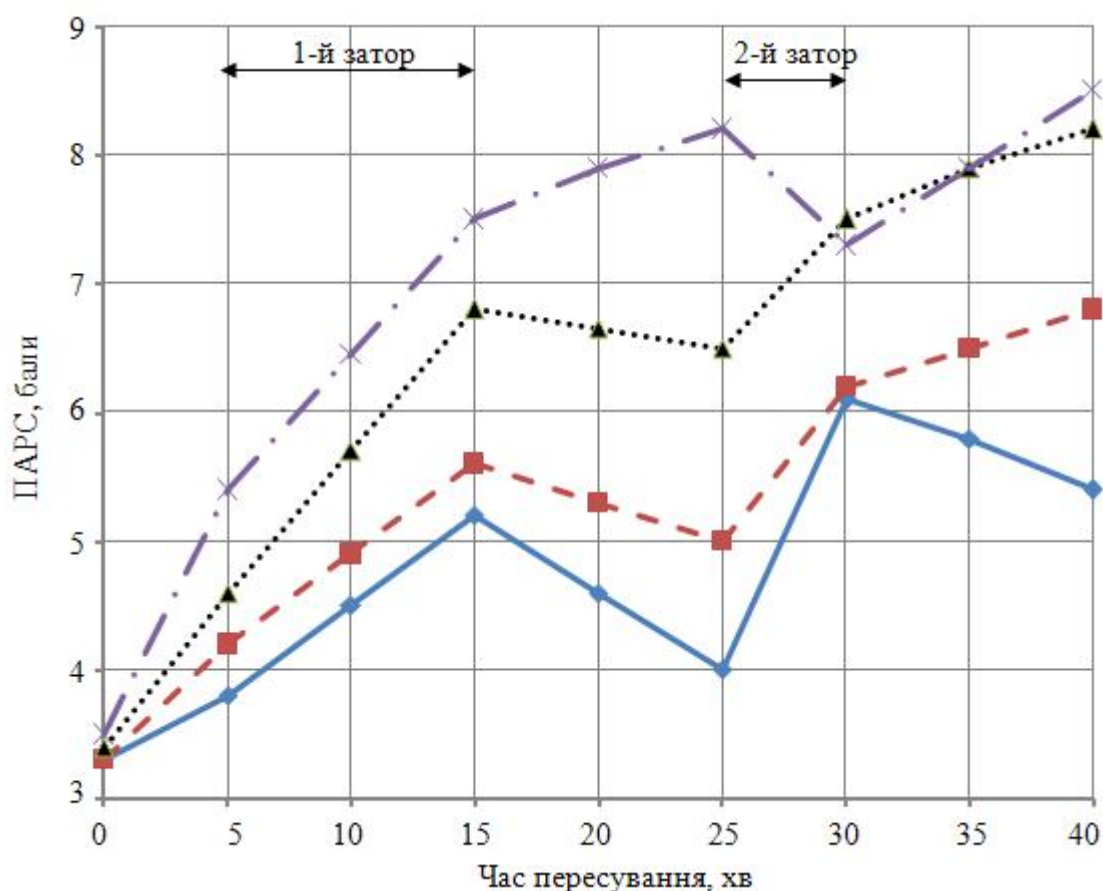


Рисунок 3.5 – Змінювання функційного стану водіїв під час пересування на легковому й вантажних автомобілях:

— Ford Sierra. — ГАЗ-330200. .... ЗІЛ-432930. —×— КамАЗ-5511

До того ж для наочності одночасно зі змінюванням функційного стану трьох водіїв вантажних автомобілів подано і відповідне змінювання функційного стану водія легкового автомобіля.



Як зрозуміло з рисунка 3.5, величина функційного стану водіїв вантажних автомобілів і легкового автомобіля перед транспортним затором і в самому заторі зростають. До того ж зростання прямо пропорційне вантажопідйомності автомобіля. Після першого транспортного затору величина функційного стану водіїв двох вантажних автомобілів і легкового автомобіля дещо знижується порівняно зі станом водієм автомобіля найбільшої вантажопідймальності КамАЗ 5511. Це пояснюється більшою складністю умов роботи цього водія і його інерційністю внаслідок великих габаритів і маси автомобіля.

У другому транспортному заторі функційний стан водія КамАЗ 5511 дещо поліпшується, тоді як у решти водіїв величина функційного стану зростає. Це пояснюється тим, що величина ПАРС у водія КамАЗ 5511 перевищує рівень напруження, і в другому транспортному заторі ступінь напруженості дещо знижується. Після другого транспортного затору величина функційного стану водіїв вантажних автомобілів зростає, а легкового автомобіля знижується. Це пояснюється наявністю відповідних динамічних і ергономічних характеристик автомобілів.

Проведені дослідження свідчать про об'єктивність впливу умов пересування та ергономічних характеристик автомобіля на змінювання функційного стану водія. До того ж виявлено, що зростання функційного стану водіїв вантажних автомобілів відбувається прямо пропорційно до зміни вантажопідйомності автомобіля.

### 3.3.2 Вплив транспортного затору на функційний стан водія

Експериментальні дослідження щодо оцінювання впливу ергономічних властивостей автомобіля на функційний стан водія з урахуванням транспортних заторів довели, що затори негативно впливають на психофізіологічний стан водія. Щоб оцінити і співставити наслідки впливу транспортних заторів на функційний стан водіїв під час поїздки на роботу було проведено відповідні дослідження.

Результати експериментальних досліджень для двох водіїв в ранковий піковий період наведено на рисунках 3.6 і 3.7.

На рисунку 3.6 показано як змінюється функційний стан двох водіїв під час простоювання в транспортному заторі перед першим перехрестям, а на рисунку 3.7 – перед другим перехрестям. Перше вимірювання ЕКГ проводилося безпосередньо перед виїздом водія, до того ж аналізувалися тільки ті виміри, початкове значення ПАРС яких перебувало в межах норми.

Для чистоти експериментів у одного й того самого досліджуваного заміри проводилися протягом декількох днів.

За рисунками 3.6 і 3.7 зрозуміло, що функційний стан обох водіїв протягом перших десяти хвилин змінювався незначно. Далі рівень функційного стану зростає і на кінець перебування в першому транспортному заторі сягає п'яти балів, а в другому – шести балів. Це означає, що протягом проїзду між перехрестями функційний стан водіїв відносно початку стабілізувався, однак значення ПАРС не знизилося до норми. Протягом простоювання в другому транспортному заторі значення ПАРС перевищило шість балів, що приблизно на один бал більше порівняно з першим затором.

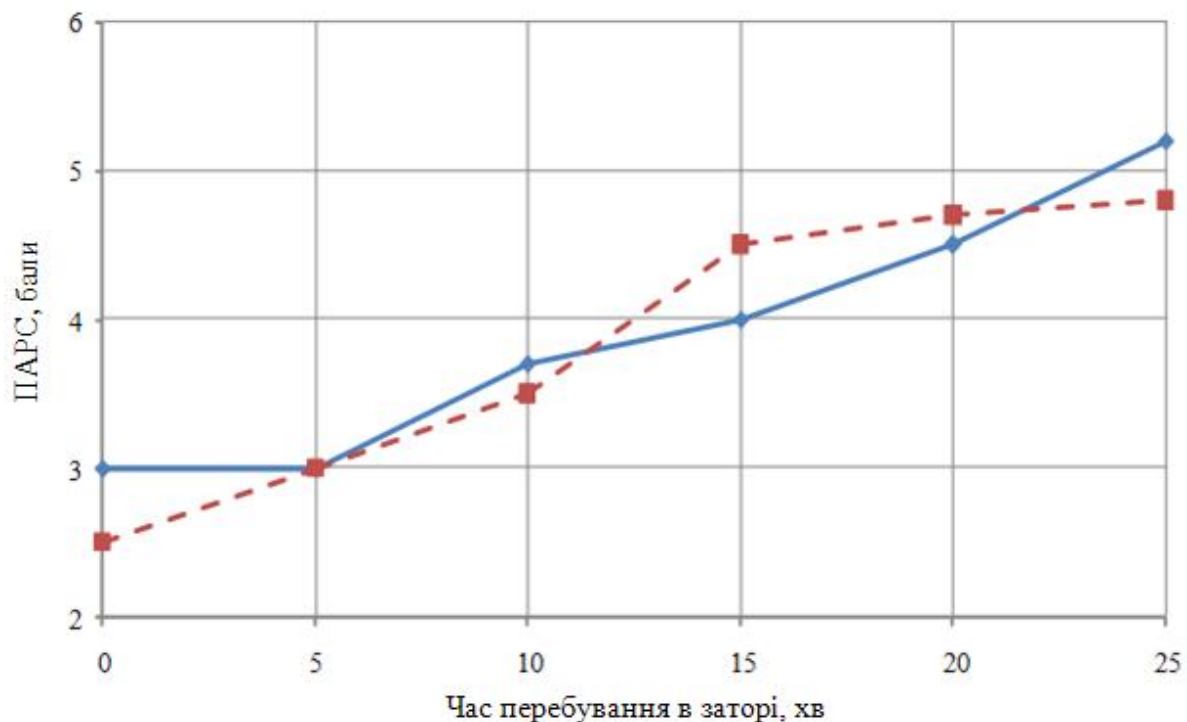


Рисунок 3.6 – Змінювання функційного стану водіїв під час перебування в першому транспортному заторі:

—■— Водій 1. —◆— Водій 2.

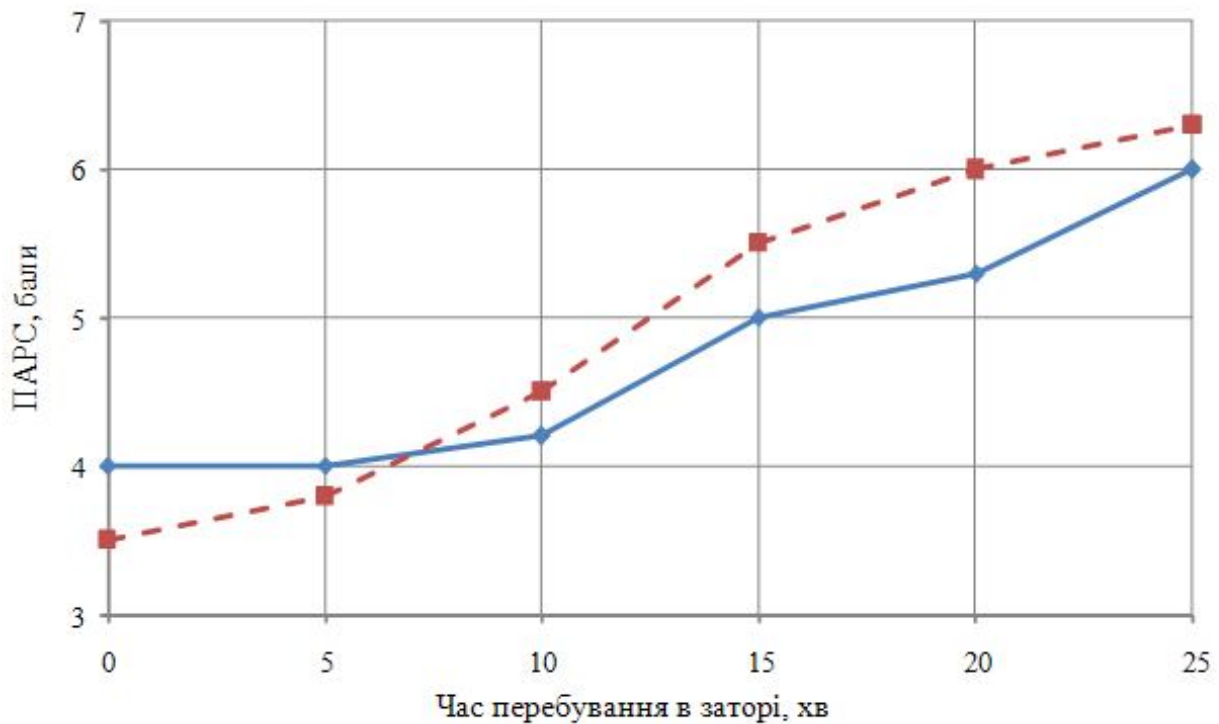


Рисунок 3.7 – Змінювання функційного стану водіїв під час перебування в другому транспортному заторі:

—■— – Водій 1. —◆— – Водій 2/

Це пояснюється тим, що зменшення часу до початку роботи, впливає на психічні процеси водія, спричиняючи підвищення ступеня його напруженості.

Окрім того було проведено експериментальні дослідження щодо водіїв, які в ранковий піковий період або поспішали на роботу, або ні.

Водії немаршрутного транспорту, які становлять до 90 % транспортного потоку, відчувають дефіцит часу на поїздку внаслідок затримок у транспортних заторах і корках, особливо в ранковий піковий період [17].

Деякі результати експериментальних досліджень для трьох водіїв в ранковий піковий період наведено на рисунках 3.8 і 3.9.

За рисунком 3.8 зрозуміло, що функційний стан першого і другого водіїв в транспортному заторі стабілізується в разі відсутності обмеження часу на поїздку. Це пояснюється тим, що високий рівень функційного стану цих водіїв на початку транспортного затору є наслідком емоційної напруженості, що виникла викликані під час проїзду попередньої ділянки дороги. Подальше перебування в транспортному заторі в цьому разі є менш значущим за своїм негативним впливом на стан водія, ніж умови проїзду на

попередній ділянці. А у третього водія (рис. 3.8) функційний стан в транспортному заторі погіршився. Це пояснюється тим, що умови проїзду на попередньому ділянці виявилися для нього сприятливими, а транспортний затор – значущим, тому й спричинив підвищення емоційної напруженості.

З рисунка 3.9 випливає, що стан водіїв у транспортному заторі за тих самих початкових умов змінюються по-різному.

Процес змінювання функційного стану водія до четвертої хвилини перебування в транспортному заторі частково подібний до поданого на рисунку 3.8, однак надалі перебування в заторі спричиняє значне погіршення функційного стану і зростання емоційної напруженості.

Це пояснюється тим, що тривалість транспортного затору в умовах обмеження часу на поїздку виявляється одним з найбільш значущих чинників, які впливають на психоемоційну напруженість водія.

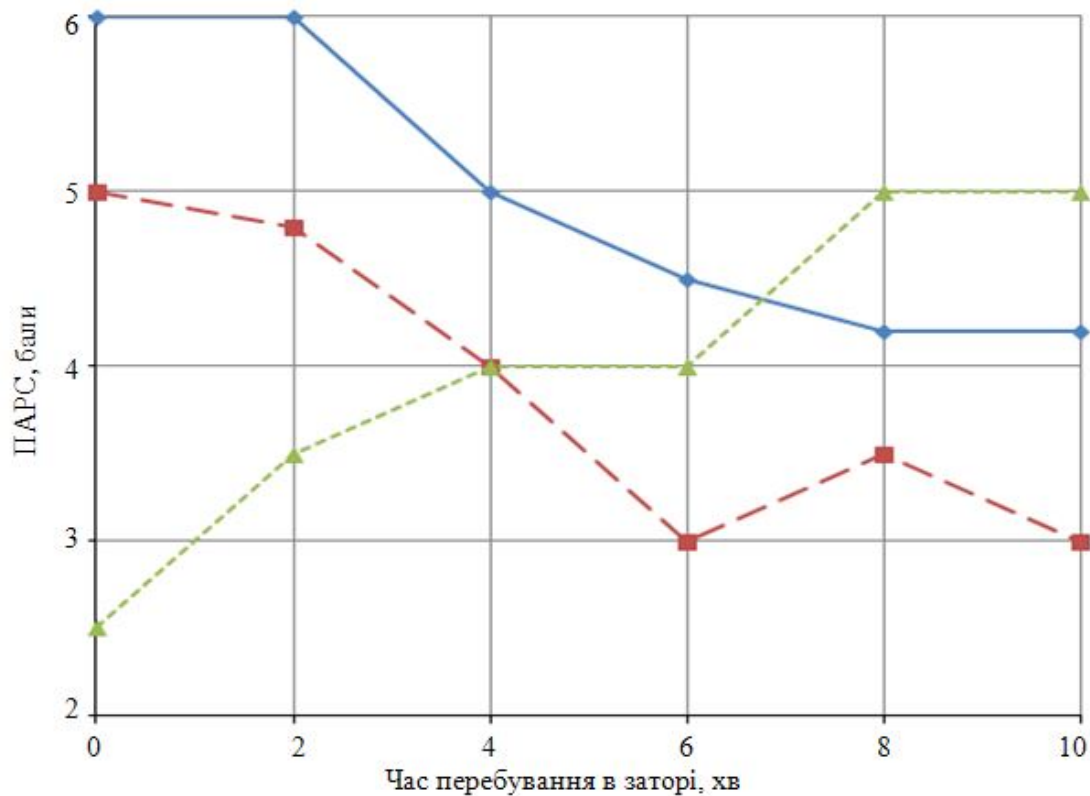


Рисунок 3.8 – Змінювання функційного стану водіїв в транспортному заторі в разі відсутності обмеження часу на поїздку:

— Водій 1 — Водій 2. — Водій 3

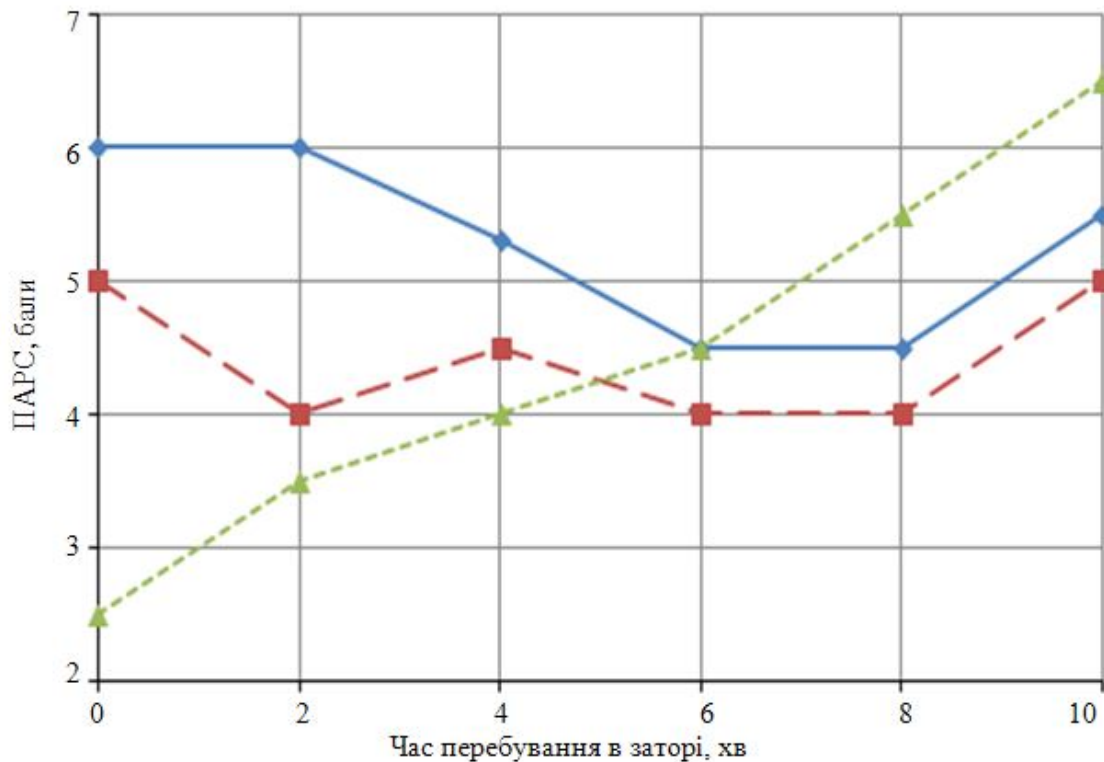


Рисунок 3.9 – Змінювання функційного стану водіїв в транспортному заторі в разі обмеження часу на поїздку:

— Водій 1 — Водій 2. — Водій 3

### 3.4 Висновки до розділу

1. Оцінювання значущості факторів, що впливають на функційний стан водія, за допомогою рангової кореляції, показало, що найбільш значущими є такі фактори, як наявність транспортних заторів, стан дорожнього покриття, кількість пішохідних переходів та інтенсивність руху.

2. На змінювання функційного стану водія впливають застосовувана технологія організації дорожнього руху (ОДР) й індивідуально-типологічні особливості водія.

3. Проведені дослідження свідчать про об'єктивний вплив ергономічних характеристик автомобіля на змінювання функційного стану водія під час руху.

4. Експериментальні дослідження довели, що як під час пересування на ділянках дорожньої мережі, так і під час перебування в транспортних заторах функційний стан водіїв із різним темпераментом змінюється по-різному. В деяких випадках перебування в транспортних заторах призводить навіть до поліпшення функційного стану водія.

## **4 МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРУ НА ФУНКЦІЙНИЙ СТАН ВОДІЯ**

### **4.1 Обґрунтування поширення результатів досліджень на генеральну сукупність**

Для складання математичної моделі впливу транспортного затору на функційний стан водія необхідно визначити кількісний склад водіїв (зробити вибірку), які будуть становити досліджувану групу. Обирати водіїв потрібно дуже ретельно, оскільки результати досліджень будуть стосуватися всіх водіїв.

Для визначення розміру вибірки дослідники застосовують різні підходи. Якщо розмір генеральної сукупності відносно невеликий, то можна визначити її середньоквадратичне відхилення і за формулою встановити розмір вибірки [386–388]. Інші дослідники вважають, що кількість спостережень має бути в 6–7 разів більшою за кількість факторів, що включаються в модель [19].

У роботі [346] запропоновано визначати розмір вибірки за таблицею великих чисел. Вона складена на підставі формули, виведеної під час доведення теореми Бернуллі. Передбачається, що необхідно розуміти значущість досліджуваної властивості для генеральної, визначивши частку цього значення в частковій сукупності (вибірці), щоб упевнено можна було стверджувати, що відхилення невідомої частки від частоти не перевищує деякої допустимої похибки. Таблиця великих чисел показує залежність кількості спостережень, обсягів вибірки від ступеня впевненості, величини допустимої похибки і невідомої частки. Залежність від невідомої частки виключається, оскільки це значення буде негативним. Отже, велике число є завищеним. Якщо величина ймовірності, співвідносна в досліджуваній задачі із висновком, дорівнює 0,95, а допустима похибка становить 0,05, велике число спостережень дорівнює 384 [346].

Потрібно зазначити, що кількість спостережень, поданих у таблиці, не обумовлюються загальною кількістю одиниць, що становить генеральну сукупність.

Генеральну сукупність для цього завдання становлять всі водії міста, які використовують транспорт під час поїздки на роботу.

У цьому завданні відповідність структур вибірки і генеральної сукупності встановлювалася за типом нервової системи.

Для кількісного складання вибірки та визначення її відповідності генеральній сукупності було використано результати досліджень, наведені в роботах [163, 389].

У роботі [389] подано результати досліджень за типом нервової системи, проведені серед учнів вікової категорії 10–11 років:

- сангвініків – 27,2 %;
- холериків – 30,3 %;
- флегматиків – 27,2 %;
- меланхоліків – 15,3 %.

Близькі до цих результати подано і в роботі [163]:

- сангвініків – 26–30 %;
- холериків – 28–31 %;
- флегматиків – 25–27 %;
- меланхоліків – 15–19 %.

Ці співвідношення і були прийняті за основу під час досліджень. Для визначення типу темпераменту існує велика кількість опитувальників і тестів [390–394]. Тип нервової системи визначався за допомогою опитувальника [395].

#### **4.2 Середньостатистична регресійна модель впливу транспортного затору на функційний стан водія**

Ефективність і надійність функціонування транспортної системи міста залежить від уживаної технології організації дорожнього руху та сталої роботи системи «водій – автомобіль – дорожнє середовище». До того ж найважливішою ланкою цієї системи є водій, психофізіологічні особливості та поведінка якого істотно впливають на безпеку роботи транспортної системи.

Для розроблення регресійної моделі середньостатистичного водія залучалися водії з усіма типами нервової системи. В експериментальних дослідженнях брали участь водії всіх вікових груп і категорій.

Експериментальні дослідження становили собою фіксування електрокардіограми водіїв під час входження в транспортний затор, у корку і під час виходу з нього.

Завданням розроблення регресійної моделі впливу транспортного затору на функційний стан водія був правильний, обґрунтований вибір об'єкта дослідження і сукупності факторів, що впливають на його поведінку. Об'єктом в межах цього дослідження були водії з різними темпераментами. Фактори, що впливають на результати дослідження, необхідно ретельно відібрати.

Відповідно до рекомендацій, викладених у роботі [126], під час створення регресійної моделі було відібрано такі фактори: вік водія, стаж його роботи, кількість смуг на дорозі, комфортабельність автомобіля, тривалість перебування в транспортному заторі, показник функційного стану водія перед затором.

Для складання математичної моделі впливу транспортного затору на стан водія було обрано модель лінійного виду. Розмір вибірки визначався відповідно до рекомендацій, викладених в роботі [346]. Під час розроблення моделі було використано відомі методи статистики й регресійного аналізу.

Коефіцієнти регресії обчислювалися за допомогою методу найменших квадратів [346, 348, 396–400], а їхня значущість – за допомогою критерію Стьюдента [399, 400].

Розроблена модель має такий вигляд:

$$P_k = 0,037B_v + 0,135T_z + 0,61P_n, \quad (4.1)$$

де  $P_k$  – ПАРС під час виходу із транспортного затору, бали;

$B_v$  – вік водія, роки;

$T_z$  – тривалість транспортного затору, хв;

$P_n$  – ПАРС під час входження в транспортний затор, бали.

Результати розрахування параметрів моделі наведено в таблицях 4.1, 4.2.

Таблиця 4.1 – Характеристики моделі змінювання функційного стану водія в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірювань	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					Розрахунковий	Табличний
Вік водія	$B_v$ , роки	19–67	0,037	0,006	5,84	2,0
Тривалість затору	$T_z$ , хв	2–20	0,135	0,018	7,18	2,0
ПАРС при входженні у транспорт- ний затор	$P_n$ , бали	2,2–5,8	0,617	0,055	11,24	2,0



За таблицями 4.1,4.2 зрозуміло, що в розробленій математичній моделі значущими виявилися тільки три фактори. Про їх значущість свідчить перевищення розрахункового значення критерію Стьюдента над табличним і відсутність нуля в довірчих інтервалах коефіцієнтів моделі (табл. 4.2).

Таблиця 4. 2 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

<b>Фактори</b>	<b>Нижня межа</b>	<b>Верхня межа</b>
Вік водія	0,024	0,049
Тривалість затору	0,098	0,172
ПАРС при входженні у транспортний затор	0,509	0,725

Статистичне оцінювання розробленої моделі подано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати статистичного оцінювання моделі

<b>Показники</b>	<b>Значення</b>
Критерій Фішера: розрахунковий	2701,00
Коефіцієнт множинної кореляції	0,96
Середня помилка апроксимації, %	19,42

Перевищення розрахункового значення критерію Фішера над табличним, що дорівнює 1,36, свідчить про високу інформаційну здатність моделі. Значення коефіцієнта множинної кореляції, що дорівнює 0,96, свідчить про тісний взаємозв'язок між включеними в модель факторами і вихідною функцією.

Адекватність розробленої математичної моделі оцінювалася за допомогою показника середньої похибки апроксимації, який дорівнює 19,42 %. Ця похибка є занадто великою, тому застосовувати розроблену модель для розрахунків можна тільки в першому наближенні.

Під час аналізу експериментальних даних було встановлено, що в деяких випадках значення ПАРС під час виходу з транспортного затору виявилися меншими зазначення ПАРС при входженні в транспортний затор. Це свідчить про те, що у деяких водіїв, переважно флегматиків, у транспортному заторі функційний стан не погіршується. Однак у переважній більшості водіїв функційний стан погіршується, що призводить до збільшення часу реакції і зниження рівня безпеки функціонування транспортної системи міста.

У зв'язку з цим необхідно провести кластерний аналіз.

Метою кластерного аналізу є розподіл сукупності об'єктів на однорідні групи, класи. Кластеризація є процедурою, яка дає змогу вивчити структуру даних або отриманої вибірки. Слово «кластер» перекладається як «скупчення», «згущення», «гроно».

Розв'язком задачі кластерного аналізу є розподіл об'єктів за деяким критерієм оптимальності. Критерієм або цільовою функцією може бути обрана внутрішньогрупова сума квадратів відхилень [401].

Кластерний аналіз необхідно проводити у зв'язку з неоднозначністю впливу деяких властивостей досліджуваного процесу на вихідну функцію. Аналіз результатів експериментальних досліджень щодо оцінювання впливу транспортного затору на функційний стан водія показав, що такий параметр як «тип нервової системи водія» неоднозначно впливає на його функційний стан: у деяких випадках він поліпшується, а в інших, навпаки, – погіршується. Отже, вимірювання необхідно проводити не в сукупності, а за окремими групами або класами.

Кластерний аналіз – це спосіб згрупування багатовимірних об'єктів, що базується на уявленні результатів окремих спостережень як точки відповідного геометричного простору з подальшим виокремленням груп як «згустків» цих точок [402].

Проблеми і завдання кластерного аналізу досліджуються в багатьох роботах [401–408]. Однорідні групи об'єктів визначають за допомогою таких підходів:

1. Імовірісно-статистичний підхід базується на виокремленні груп, кожна з яких є реалізацією деякої випадкової величини. Передбачається, що вихідна сукупність є поєднанням декількох вибірок і за деяких припущень ці вибірки потрібно виокремити [403, 404].

2. Структурний підхід передбачає виокремлення компактних груп об'єктів, віддалених один від одного. Цей підхід використовується для матриць близькості або відстаней між об'єктами у вигляді точок у багатовимірному просторі [402].

3. Варіативний підхід полягає в поділі сукупності на групи за певною ознакою, відповідно до визначених інтервалами. До того ж в одновимірному випадку цей підхід реалізується структурним угрупованням.

У багатовимірній ситуації варіативний підхід реалізується як комбіноване угруповання, що становить собою послідовне розрізання області визначення кожної ознаки на певні зони відповідно до довжини інтервалу [405].

Стосовно імовірнісного підходу в прикладних і економічних дослідженнях існують два діаметрально протилежні погляди дослідників. Одні пропонують для статистичного аналізу явищ застосовувати імовірнісний підхід [406, 407], інші вважають, що імовірнісні оцінки мають дуже малу область корисного застосування [408].

У кластерному аналізі важливе значення має спосіб визначення близькості об'єктів.

Найвідомішою метрикою є евклідова відстань. Вона пов'язана з інтуїтивним уявленням про близькість і дуже вдало вписується як квадратична за формою в традиційно-статистичні конструкції [402].

Усі наведені роботи присвячені статистичному й кластерному аналізу різних процесів і явищ в економіці, промисловості, біології тощо.

Питанням вирішення завдань організації дорожнього руху шляхом кластерного аналізу приділялося мало уваги.

Під час кластерного аналізу важливо правильно визначити необхідну кількість кластерів. У завданнях, де число спостережень велике, використовують метод випадкового відбору. У роботі [409] зазначено, що закони простого випадкового відбору можна застосовувати для обчислення кількості кластерів, яке потрібно прийняти для досягнення ймовірності  $\alpha$  того, що обрано варіант найкращого розподілу. Таким чином, оптимальне число розподілу є функцією заданої частки  $\beta$  допустимих розподілів серед множин всіх можливих. Загальне значення розсіювання безлічі кластерів буде тим більше, чим більша частка  $\beta$  допустимих розподілів.

Під час вирішення завдань кластерного аналізу приймається, що обрані характеристики допускають бажаний розподіл на кластери, а одиниці виміру (масштаб) обрано правильно.

Відомо багато алгоритмів кластерного аналізу. Вони відображають різноманітність не тільки обчислювальних прийомів, але й певні концепції щодо них. Точної постановки завдання кластерного аналізу немає [402].

Найпростіш спосіб знаходження образів полягає в точному визначенні образу й пошуку скупчення точок із відповідними властивостями. Наприклад, образ (кластер) можна визначити як таке скупчення точок, у якому середня міжточкова відстань менша за середню відстань від цих точок до інших. Такий підхід називається евристичним [403, 410].

Другий напрям у вирішенні завдань кластерного аналізу – оптимізаційний. Цей напрям полягає в чіткому визначенні критерію і знаходженні його екстремуму.

Третій напрям вирішення завдання кластеризації називається апроксимаційним. Він полягає в такому: взаємозв'язки, закладені у вихідних даних, потрібно щонайкраще апроксимувати із взаємозв'язками, що відповідають поданим дослідником щодо класифікації. Варіанти класифікації розглянуто в багатьох роботах [403, 410–416].

У розв'язуванні задачі кластерного аналізу необхідно згрупувати раніше отримані результати експериментальних досліджень впливу транспортного затору на функційний стан водія.

Критерієм для визначення подібності й відмінності кластерів є відстань між точками в просторі. Існує кілька способів визначення відстані між кластерами. Найпоширенішим є обчислення евклідової відстані ( $D_{ij}$ ) між двома точками  $i$  і  $j$  на площині, коли відомі їхні координати  $x$  і  $y$ :

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}. \quad (4.2)$$

Коли осей більше двох, відстань розраховують так: суму квадратів різниці координат становить стільки доданків, скільки осей (вимірів) налічується у цьому просторі (рис. 4.1).

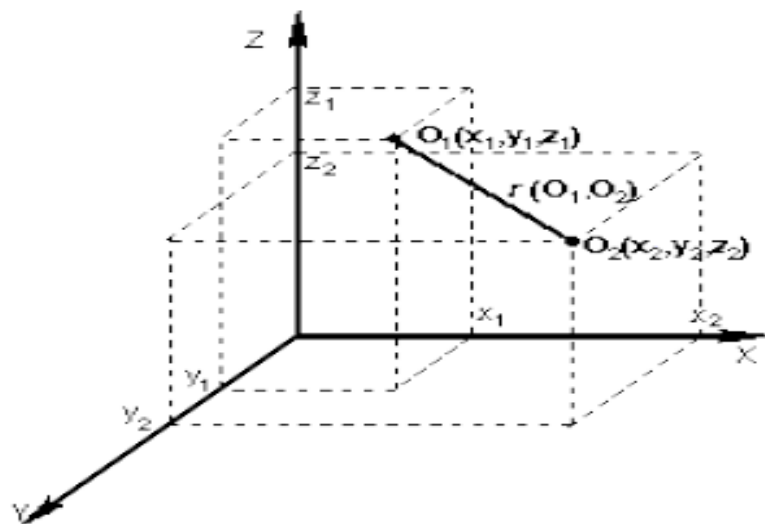


Рисунок 4.1 – Відстань між двома точками у трьохвимірній площині

Наприклад, якщо потрібно знайти відстань ( $r$ ) між двома точками  $O_1$  і  $O_2$  в трьох площинах  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , формула 4.2 набуває такого вигляду:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2}. \quad (4.3)$$

У розглянутій задачі кластерного аналізу необхідно розділити отриману сукупність результатів експериментальних досліджень на кластери за двома ознаками: за типом нервової системи водія і кінцевим значенням функційного стану водія після перебування в транспортному заторі.

Програмна реалізація завдання в пакеті Statgraf призвела до таких результатів. Уся сукупність водіїв за типом нервової системи розподілилася на два кластера. До першого кластеру увійшли переважно водії з флегматичним типом нервової системи. Їх кількість склала 14,8%.

Проведений кластерний аналіз експериментальних даних свідчить, що необхідно розглядати кожен тип нервової системи окремо. Необхідно розробити регресійні моделі для кожної групи водіїв певного типу нервової системи.

### **4.3 Окремі регресійні моделі змінювання функційного стану водіїв у транспортному заторі**

#### **4.3.1 Модель змінювання функційного стану водія-холерика в транспортному заторі**

Для розроблення математичної моделі впливу транспортного затору на функційний стан водія-холерика було проведено додаткові дослідження.

Щоб створити математичну модель впливу транспортного затору на функційний стан водія-холерика, було обрано нелінійну модель. Під час розроблення моделі було використано відомі методи статистики й регресійного аналізу.

Розроблена модель має такий вигляд:

$$P_k = 0,009B_e + 2,045|\ln(T_z/P_n)| + 0,848P_n, \quad (4.4)$$

де  $P_k$  – ПАРС при виході із транспортного затору, бали;

$B_e$  – вік водія, роки;

$T_z$  – тривалість транспортного затору, хв;

$P_n$  – ПАРС при вході в транспортний затор, бали.

Результати розрахування параметрів моделі наведено в таблицях 4.4 і 4.5.

Таблиця 4.4 – Характеристики моделі змінювання функційного стану водія-холерика в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірювань	Коефіцієнт	Стандартна помилка	Критерій Стюдента	
					Розрахунковий	Табличний
Вік водія	$B_v$ , роки	21-58	0,009	0,002	3,90	2,0
Логарифм відношення тривалості транспортного затору до $\Pi_n$	$\ln(T_z/\Pi)$	0-1,19	2,045	0,057	35,54	2,0
ПАРС при вході у транспортний затор	$\Pi_n$ , бали	2,0–5,8	0,848	0,022	38,95	2,0

З таблиць 4.4 і 4.5 зрозуміло, що в розробленій математичній моделі значущими виявилися тільки три фактори. Про їх значущість свідчить перевищення розрахункового значення критерію Стюдента над табличним і відсутність нуля в довірчих інтервалах коефіцієнтів моделі.

Таблиця 4.5 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Вік водія	0,004	0,014
Логарифм відношення тривалості транспортного затору до $\Pi_n$	1,932	2,158
ПАРС при вході у транспортний затор	0,805	0,891

Результати статистичного оцінювання розробленої моделі подано в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати статистичного оцінювання моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: розрахунковий	21648,00
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	6,35

Перевищення розрахункового значення критерію Фішера над табличним, що дорівнює 1,36, свідчить про високу інформаційну здатність моделі. Значення коефіцієнта множинної кореляції, що дорівнює 0,99, свідчить про велику щільність зв'язків між факторами моделі і вихідною функцією. Адекватність розробленої математичної моделі оцінювалася за допомогою показника середньої похибки апроксимації, який дорівнює 6,35 %. Ця похибка є допустимою.

#### 4.3.2 Модель змінювання функційного стану водія-сангвініка в транспортному заторі

Для створення математичної моделі впливу транспортного затору на функційний стан водія-сангвініка також було обрано нелінійну модель.

Розроблена модель має такий вигляд:

$$P_{\kappa} = 0,009B_{\kappa} + 1,372|\ln(T_3/P_n)| + 0,939P_n, \quad (4.5)$$

де  $P_{\kappa}$  – ПАРС при виході із транспортного затору, бали;

$B_{\kappa}$  – вік водія, роки;

$T_3$  – тривалість транспортного затору, хв;

$P_n$  – ПАРС при вході в транспортний затор, бали.

Результати розрахування параметрів моделі наведено в таблицях 4.7 і 4.8.

З таблиць 4.7 і 4.8 зрозуміло, що в розробленій математичній моделі значущими виявилися тільки три фактори. Про їх значущість свідчить перевищення розрахункового значення критерію Стюдента над табличним і відсутність нуля в довірчих інтервалах коефіцієнтів моделі.

Таблиця 4.7 – Характеристики моделі змінювання функційного стану водія-сангвініка в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірювань	Коефіцієнт	Стандартна помилка	Критерій Стюдента	
					Розрахунковий	Табличний
Вік водія	$B_v$ , роки	21–58	0,009	0,002	4,27	2,0
Логарифм відношення тривалості транспортного затору до $P_n$	$\ln(T_z/P_n)$	0–1,19	1,372	0,049	49,44	2,0
ПАРС при вході у транспортний затор	$P_n$ , бали	2,0–5,8	0,939	0,019	27,55	2,0

Таблиця 4.8 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Вік водія	0,005	0,013
Логарифм відношення тривалості транспортного затору до $P_n$	1,273	1,469
ПАРС при вході у транспортний затор	0,902	0,977

Результати статистичного оцінювання розробленої моделі подано в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Результати статистичного оцінювання моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: розрахунковий	21755,00
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня помилка апроксимації, %	6,13



Перевищення розрахункового значення критерію Фішера над табличним, що дорівнює 1,36, свідчить про високу інформаційну здатність моделі. Значення коефіцієнта множинної кореляції, що дорівнює 0,99, свідчить про велику щільність зв'язків між факторами моделі і вихідною функцією. Адекватність розробленої математичної моделі оцінювалася за допомогою показника середньої похибки апроксимації, який дорівнює 6,13. Ця похибка є допустимою.

Проведені дослідження і складена математична модель свідчать про негативний вплив транспортного затору на функційний стан водія. Шляхом розроблення регресійної моделі виявлено найбільш значущі фактори, що впливають на стан водія-сангвініка в транспортному заторі.

#### 4.3.3 Модель змінювання функційного стану водія-меланхоліка в транспортному заторі

Для складання математичної моделі впливу транспортного затору на функційний стан водія-меланхоліка було обрана лінійну модель.

Розроблена модель має такий вигляд:

$$P_k = 0,013B_g + 0,065T_z + 0,913P_n, \quad (4.6)$$

де  $P_k$  – ПАРС при виході із транспортного затору, бали;

$B_g$  – вік водія, роки;

$T_z$  – тривалість транспортного затору, хв;

$P_n$  – ПАРС при вході в транспортний затор, бали.

Результати розрахування параметрів моделі наведено в таблицях 4.10 і 4.11.

З таблиць 4.10 і 4.11 зрозуміло, що в розробленій математичній моделі значущими виявилися тільки три фактори. Про їх значущість свідчить перевищення розрахункового значення критерію Стюдента над табличним і відсутність нуля в довірчих інтервалах коефіцієнтів моделі.

Таблиця 4.10 – Характеристики моделі змінювання функційного стану водія-меланхоліка в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірювань	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					Розрахунковий	Табличний
Вік водія	$B_v$ , роки	21–55	0,013	0,004	3,53	2,0
Тривалість затору	$T_z$ , хв.	5–19	0,065	0,010	6,20	2,0
ПАРС при вході у транспортний затор	$P_n$ , бали	2,4–5,8	0,913	0,042	21,74	2,0

Таблиця 4.11 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Вік водія	0,005	0,021
Тривалість затору	0,044	0,086
ПАРС при вході у транспортний затор	0,830	0,997

Результати статистичного оцінювання розробленої моделі подано в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Результати статистичного оцінювання моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: розрахунковий	5058
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	5,87

Перевищення розрахункового значення критерію Фішера над табличним, що дорівнює 1,36, свідчить про високу інформаційну здатність

моделі. Коефіцієнт множинної кореляції свідчить про велику щільність зв'язків між факторами і функцією моделі.

Адекватність розробленої моделі оцінювалася за допомогою показника середньої похибки апроксимації, який дорівнює 5,87 %. Ця помилка є допустимою, а модель можна застосувати для визначення функційного стану водія-меланхоліка в транспортному заторі.

#### 4.3.4 Модель змінювання функційного стану водія-флегматика в транспортному заторі

Для розроблення математичної моделі впливу транспортного затору на функційний стан водія-флегматика було обрано лінійну модель.

Розроблена модель має такий вигляд:

$$P_k = -0,396C/U - 0,066T_z + 1,067P_n, \quad (4.7)$$

де  $P_k$  – ПАРС при виході із транспортного затору, бали;

$C/U$  – відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна, тис. у. о./ (кВт/т);

$T_z$  – тривалість транспортного затору, хв;

$P_n$  – ПАРС при вході в транспортний затор, бали.

Результати розрахування параметрів моделі наведено в таблицях 4.13 и 4.14.

Таблиця 4.13 – Характеристики моделі змінювання функційного стану водія-флегматика в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Межі вимірювань	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стюдента	
					Розрахунковий	Табличний
1	2	3	4	5	6	7
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	$C/U$ , тис. у. о./ (кВт/т)	0,1–0,8	– 0,396	0,194	2,03	2,0

Продовження таблиці 4.13

1	2	3	4	5	6	7
Тривалість затору	$T_z$ , хв	2–19	– 0,066	0,013	5,04	2,0
ПАРС при вході у затор	$P_n$ , бали	3,5–3,8	1,067	0,035	30,13	2,0

З таблиць 4.13 і 4.14 зрозуміло, що в розробленій математичній моделі значущими виявилися тільки три фактори. Про їх значущість свідчить перевищення розрахункового значення критерію Стюдента над табличним і відсутність нуля в довірчих інтервалах коефіцієнтів моделі.

Таблиця 4.14 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	– 0,787	– 0,004
Тривалість затору	– 0,092	– 0,039
ПАРС при вході у транспортний затор	0,996	1,138

Результати статистичного оцінювання розробленої моделі подано в таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – Результати статистичного оцінювання моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: розрахунковий	3276,00
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня похибка апроксимації, %	5,67

Перевищення розрахункового значення критерію Фішера над табличним, що дорівнює 1,36, свідчить про велику інформаційну здатність моделі. Значення коефіцієнта множинної кореляції, що дорівнює 0,99, свідчить про велику щільність зв'язків між факторами і функцією моделі.

Адекватність розробленої моделі оцінювалася за допомогою показника середньої похибки апроксимації, який дорівнює 5,67 %. Ця помилка є допустимою, а розроблена модель може бути застосована для визначення функційного стану водія-флегматика в транспортному заторі.

#### 4.4 Факторний аналіз впливу транспортного затору на функційний стан водіїв

Для дослідження впливу факторів на функційний стан водія в транспортному заторі було використано раніше розроблені регресійні моделі 4.4–4.7.

Щоб дослідити вплив факторів на функційний стан водія-холерика, було встановлено діапазон їхнього варіювання (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Діапазон варіювання факторів, що впливають на функційний стан водія-холерика в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Діапазон варіювання факторів				
		Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Кількість інтервалів	Крок варіювання
Вік водія	$B$ , роки	21	57	39	6	6
Тривалість затору	$T_z$ , хв	2	20	11	6	3
ПАРС при вході у транспортний затор	$П_n$ , бали	2,0	5,6	3,8	6	0,6

На підставі даних таблиці 4.16 і моделі 4.4 було побудовано характеристичний графік (рис. 4.2).

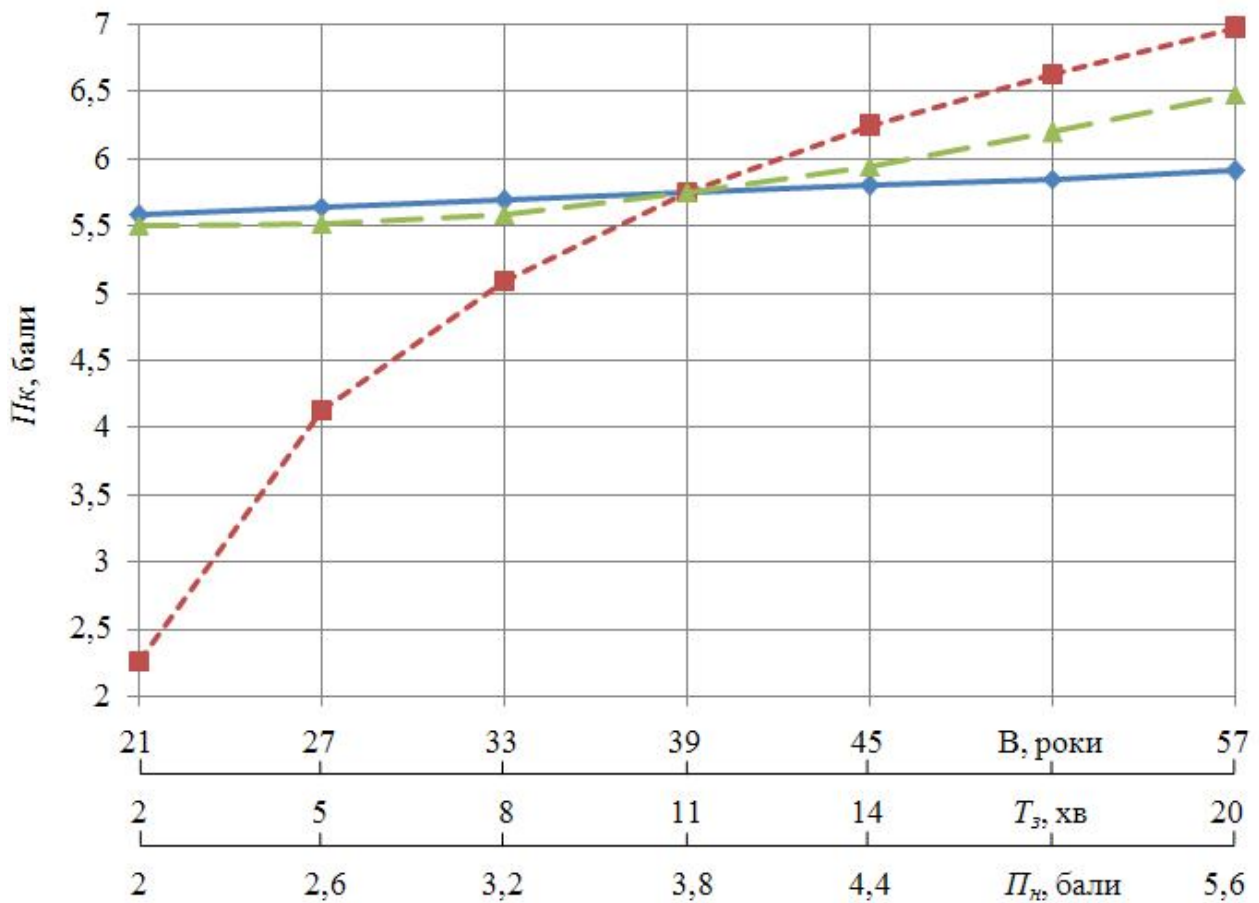


Рисунок 4.2 – Характеристичний графік змінювання функційного стану водія-холерика в транспортному заторі:

—♦—  $B$ , —■—  $T_z$ , —▲—  $P_n$

За графіком на рисунку 4.2 зрозуміло що зі збільшенням всіх факторів зростає значення ПАРС ( $P_k$ ) при виході з транспортного затору. Найбільше на показник функційного стану водія при виході з транспортного затору впливає тривалість транспортного затору.

Щоб проаналізувати вплив цих факторів на функційний стан водія-сангвініка, було встановлено діапазон їхнього варіювання (табл. 4.17).

На підставі даних таблиці 4.17 і моделі 4.5, було побудовано характеристичний графік (рис. 4.3).

Таблиця 4.17 – Діапазон варіювання факторів, що впливають на функційний стан водія-сангвініка в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Діапазон варіювання факторів				
		Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Кількість інтервалів	Крок варіювання
Вік водія	$B$ , роки	22	58	40	4	9
Тривалість затору	$T_z$ , хв	3	19	11	4	4
ПАРС при вході у транспортний затор	$\Pi_n$ , бали	2,2	5,8	4	4	0,9

Як зрозуміло з графіка на рисунку 4.3, зі збільшенням всіх факторів зростає значення ПАРС ( $\Pi_k$ ) при виході з транспортного затору. На показник функційного стану водія при виході з транспортного затору найбільше впливає початкове значення ПАРС при вході в затор і тривалість транспортного затору.

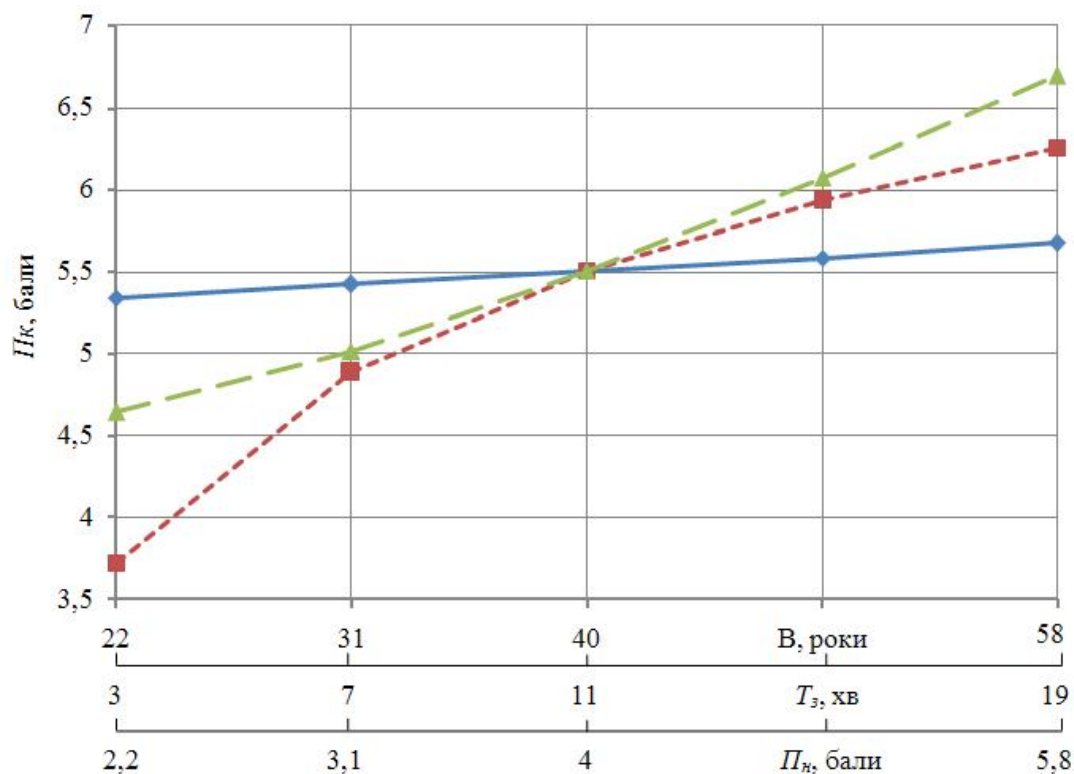


Рисунок 4.3 – Характеристичний графік змінювання функційного стану водія-сангвініка в транспортному заторі:

—  $B$  —  $T_z$  —  $\Pi_n$

Також було встановлено діапазон варіювання факторів для моделі водія-меланхоліка (табл. 4.18).

Таблиця 4.18 – Діапазон варіювання факторів, що впливають на функційний стан водія-меланхоліка в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Діапазон варіювання факторів				
		Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Кількість інтервалів	Крок варіювання
Вік водія	$B$ , роки	23	55	39	4	8
Тривалість затору	$T_z$ , хв	3	19	11	4	4
ПАРС при вході у транспортний затор	$\Pi_n$ , бали	2,6	5,8	4,2	4	0,8

На підставі даних таблиці 4.18 і моделі 4.6 було побудовано графік (рис. 4.4).

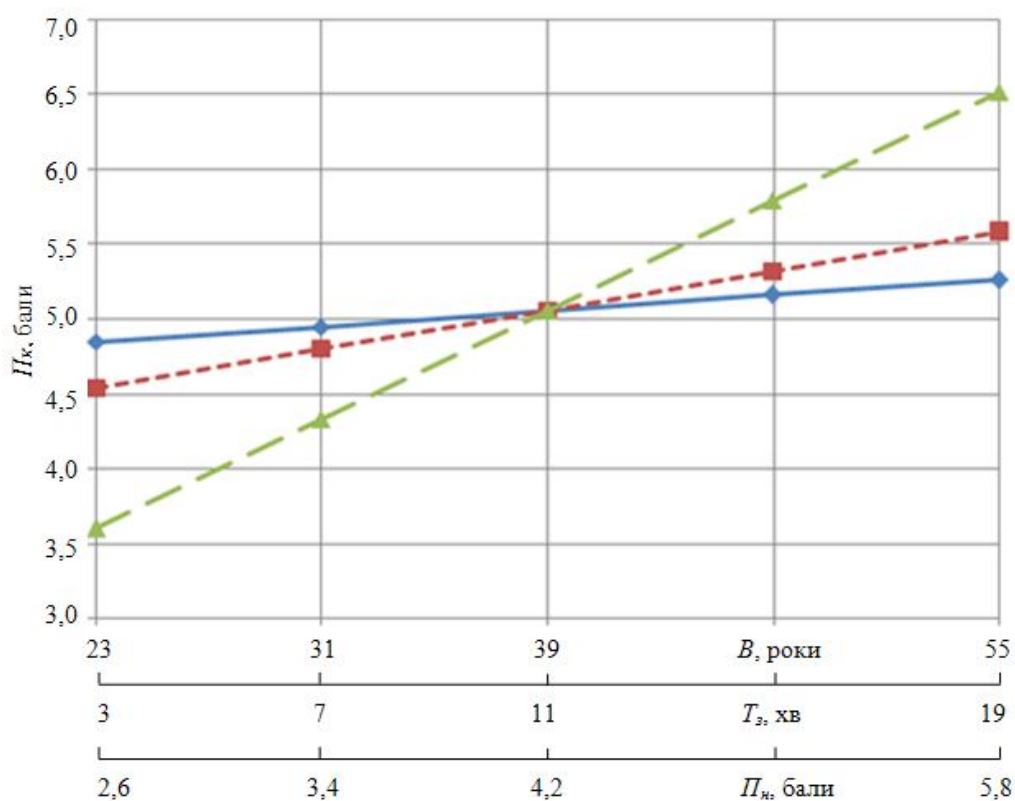


Рисунок 4.4 – Характеристичний графік змінювання функційного стану водія-меланхоліка в транспортному заторі:

—  $B$  . —  $T_z$  . —  $\Pi_n$



Як зрозуміло з графіка на рисунку 4.4, зі збільшенням всіх факторів значення ПАРС ( $P_k$ ) при виході з транспортного затору зростає. Найбільше на показник функційного стану водія при виході з транспортного затору впливає початкове значення ПАРС при вході в транспортний затор.

Діапазон варіювання факторів для моделі водія-флегматика подано в таблиці 4.19.

Таблиця 4.19 – Діапазон варіювання факторів, що впливають на функційний стан водія-флегматика в транспортному заторі

Фактори	Позначення, розмірність	Діапазон варіювання факторів				
		Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Кількість інтервалів	Крок варіювання
Відношення ціни нового автомобіля до питомої потужності двигуна	$C/U$ , тис. у.о. / (кВт/т)	0,1	0,8	0,45	4	0,175
Тривалість затору	$T_z$ , хв.	2	18	10	4	0,2
ПАРС при вході у транспортний затор	$P_n$ , бали	3,5	5,9	4,7	4	0,6

На підставі даних таблиці 4.19 і моделі 4.7 було побудовано характеристичний графік (рис. 4.5).

Як зрозуміло з графіка на рисунку 4.5, зі збільшенням фактора  $P_n$  значення ПАРС ( $P_k$ ) при виході з транспортного затору зростає, а зі збільшенням  $C/U$  і  $T_z$  воно знижується. На показник функційного стану водія при виході з транспортного затору найбільше впливає початкове значення ПАРС при вході в транспортний затор.

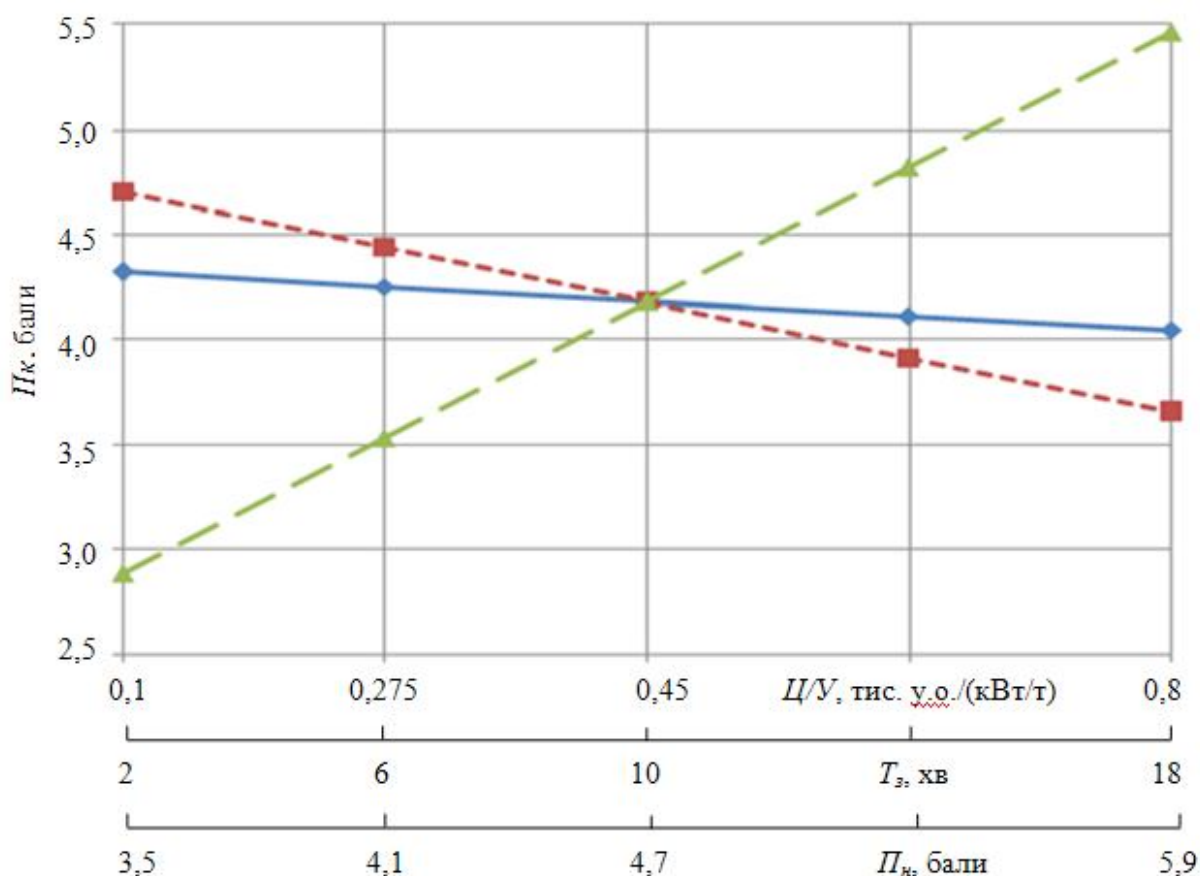


Рисунок 4.5 – Характеристичний графік змінювання функційного стану водія-флегматика в транспортному заторі:

—◆—  $\text{Ц/У}$ , —■—  $T_z$ , —▲—  $\Pi_n$

Однак характеристичні графіки не дають змоги оцінити, як впливають на досліджуваний показник усі розглянуті фактори загалом. Тому, щоб вирішити цю проблему, було побудовано графіки, які у загальному відображають вплив віку водія і початкового стану на показник активності його регуляторних систем в транспортному заторі (рис. 4.6–4.25), а також графіки залежностей ПАРС водія від віку у разі різного поєднання показників початкового стану і тривалості транспортного затору (рис. 4.26–4.49).

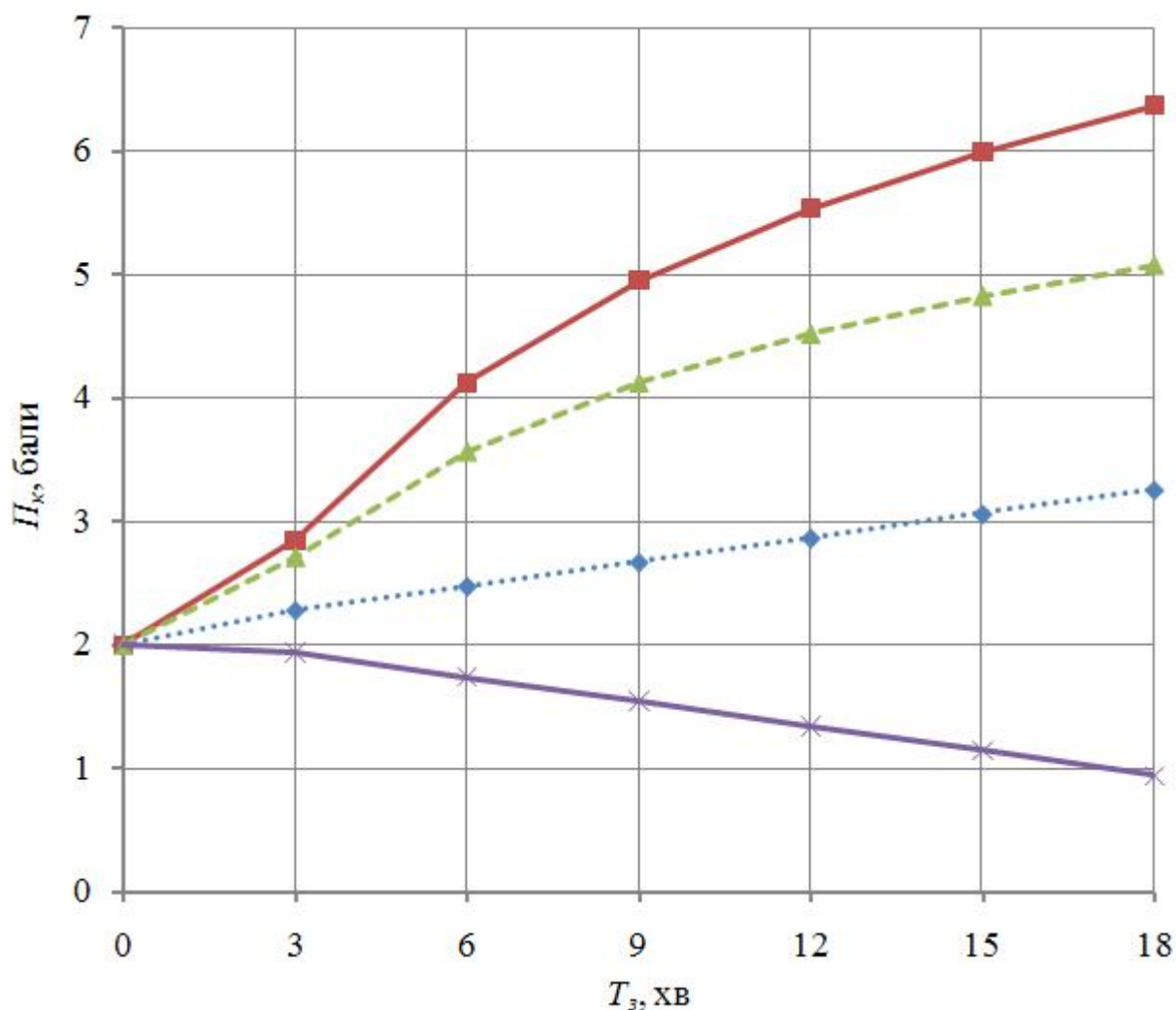


Рисунок 4.6 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $P_n = 2$ :

···◆··· – Меланхолік.    —■— – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    —×— – Флегматик

З рисунка 4.6 зрозуміло, що функційний стан водія-меланхоліка змінюється незначно, наприкінці затору становлячи трохи більше, ніж три бали. Функційний стан водія-флегматика поліпшується, становлячи наприкінці затору один бал. Показник функційного стану водіїв інших темпераментів підвищується значно і в кінці затору становить: у водія-сангвініка – п'ять балів, у холерика – більше ніж шість балів, що відображає стан вираженого напруження регуляторних систем.

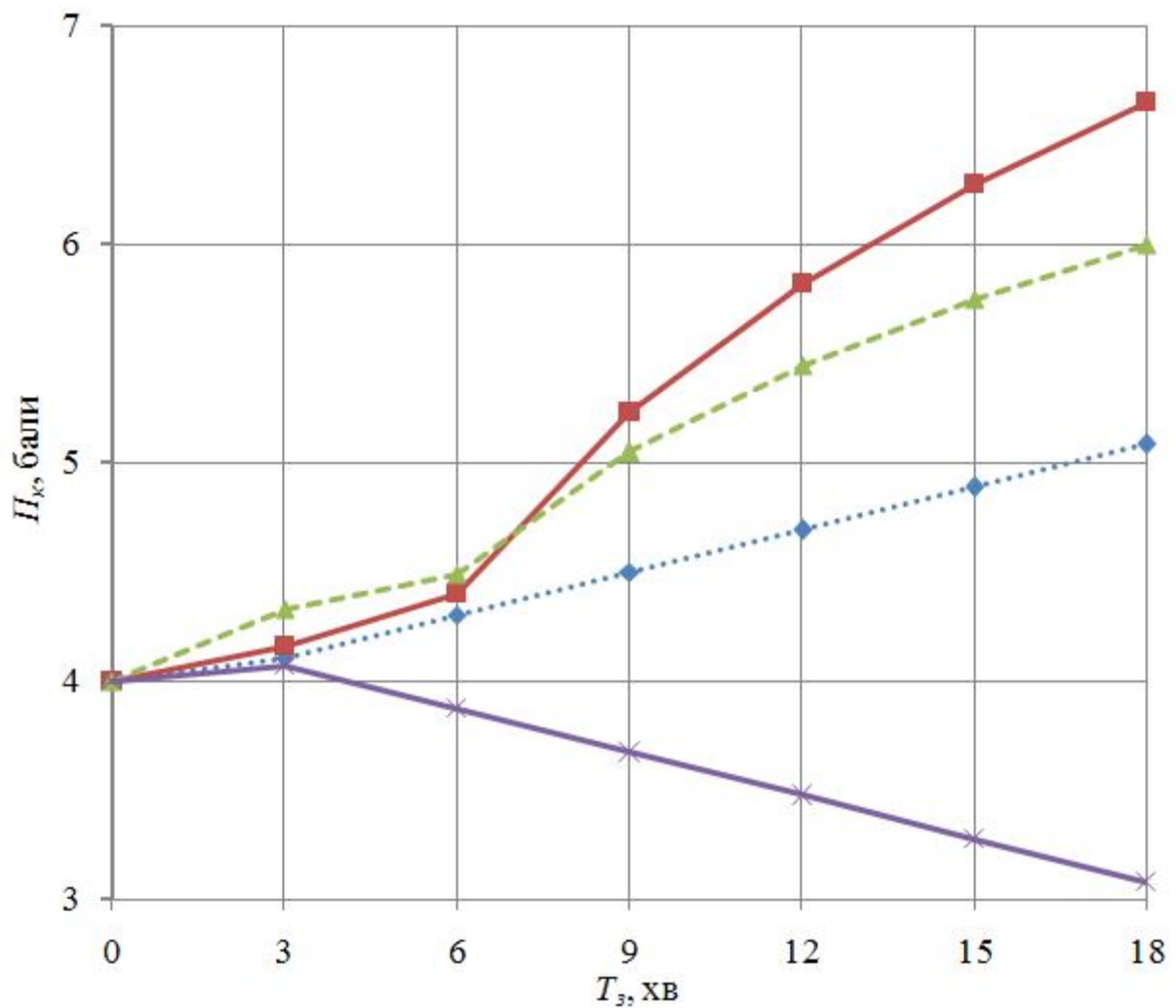


Рисунок 4.7 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $P_n = 4$ :

—♦— — Меланхолік. —■— — Холерик. —▲— — Сангвінік. —×— — Флегматик

З рисунка 4.7 зрозуміло, що функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика до п'ятої хвилини затору змінюється незначно, а потім помітно погіршується, досягаючи на кінець затору таких значень ПАРС: у водія-сангвініка – шість балів, у водія-холерика наближається до семи балів. На функційний стан водія-меланхоліка транспортний затор впливає незначно. Відповідний стан водія-флегматика до третьої хвилини затору практично не змінюється, а потім трохи поліпшується, становлячи наприкінці затору приблизно три бали.

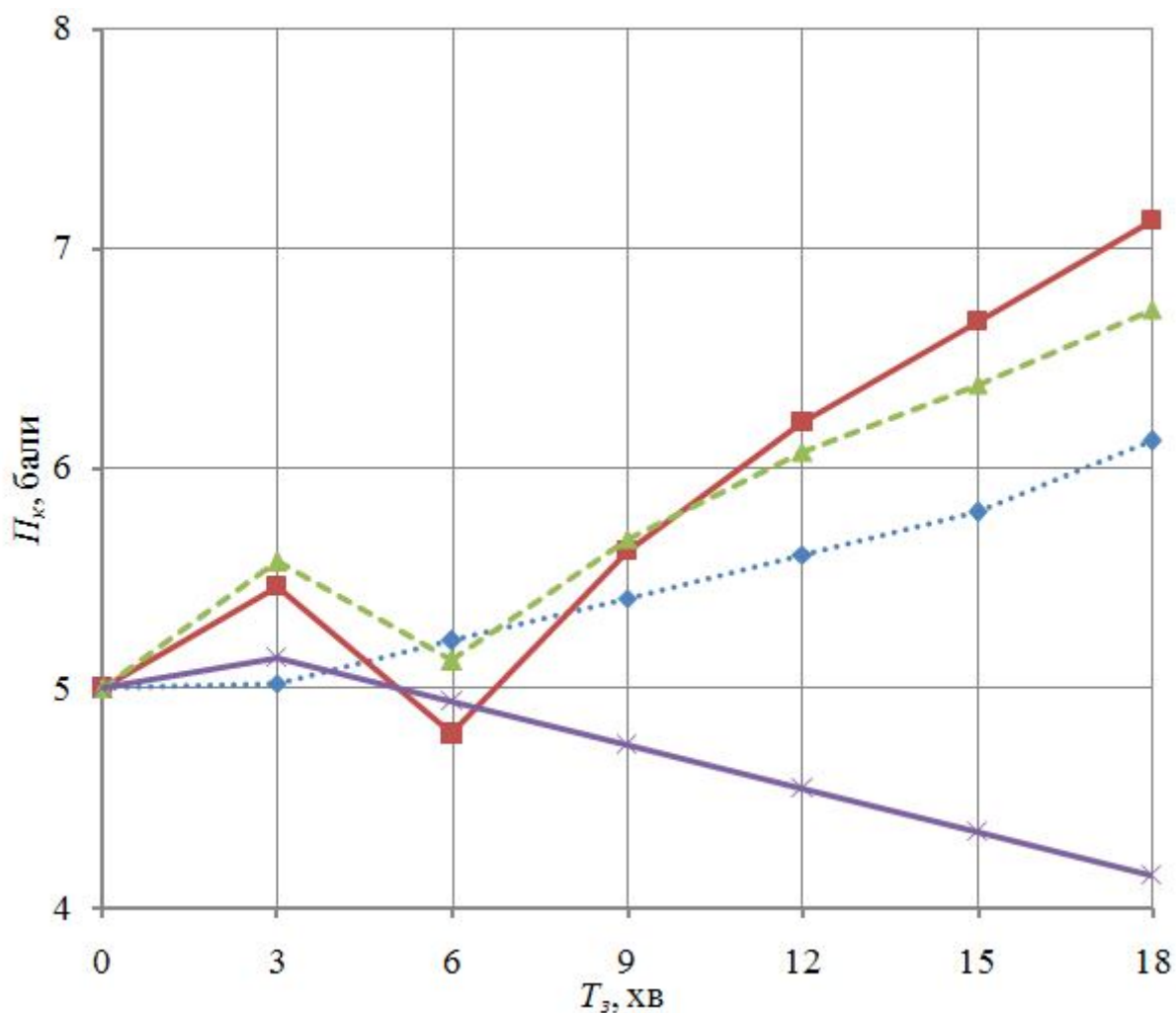


Рисунок 4.8 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $P_n = 5$ :  
 ...♦... – Меланхолік.    —■— – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    —×— – Флегматик

Функційний стан водія-меланхоліка при  $P_n = 5$  балів теж змінюється незначно (рис. 4.8). Значення ПАРС у нього збільшується лише на один бал. Показник функційного стану водія-сангвініка і водія-холерика на початку затору трохи підвищується внаслідок інерційних процесів, що відбуваються в організмі, а потім їх стан поліпшується і повертається до початкового – на шостій хвилині затору. Поліпшення їхнього стану в транспортному заторі пояснюється тим, що вони увійшли в затор в напруженому стані. Далі їхній стан значно погіршується. До того ж значення ПАРС у водія-сангвініка наближається до семи балів, а у водія-холерика перевищує його, що свідчить про різко виражене перенапруження регуляторних механізмів.

Динаміку змінювання функційного стану молодих водіїв усіх темпераментів в транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$  балів подано на рисунку 4.9.

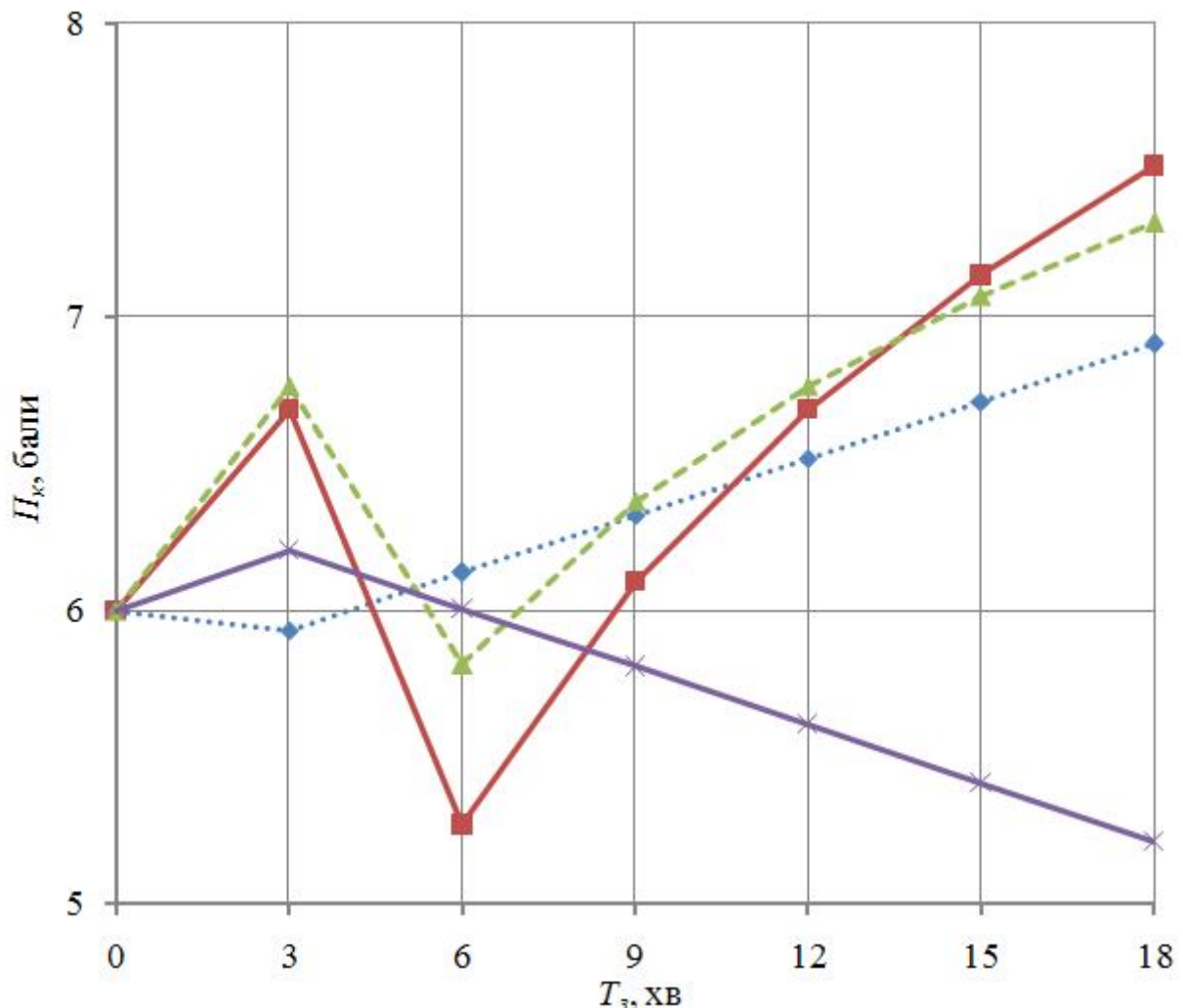


Рисунок 4.9 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$ :

... – Меланхолік. — – Холерик. ... – Сангвінік. — – Флегматик

Ці зміни відбуваються аналогічно до змін, наведених на рисунку 4.8, але вони яскравіше виражені. Стан холерика і сангвініка до шостої хвилини поліпшується і сягає таких значень показника активності регуляторних систем: у холерика п'яти з половиною балів, а у сангвініка – менше ніж початкове значення. Потім ситуація змінюється, а значення ПАРС у обох водіїв підвищується, перевищуючи наприкінці затору сім балів, що свідчить про поступове виснаження регуляторних систем. Значення ПАРС водія-меланхоліка поступово зростає і в кінці затору наближається до семи

балів. Функційний стан водія-флегматика на початку затору трохи погіршується, а потім поліпшується.

Змінювання функційного стану водіїв, вік яких становить тридцять років, у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$  балам наведено на рисунку 4.10.

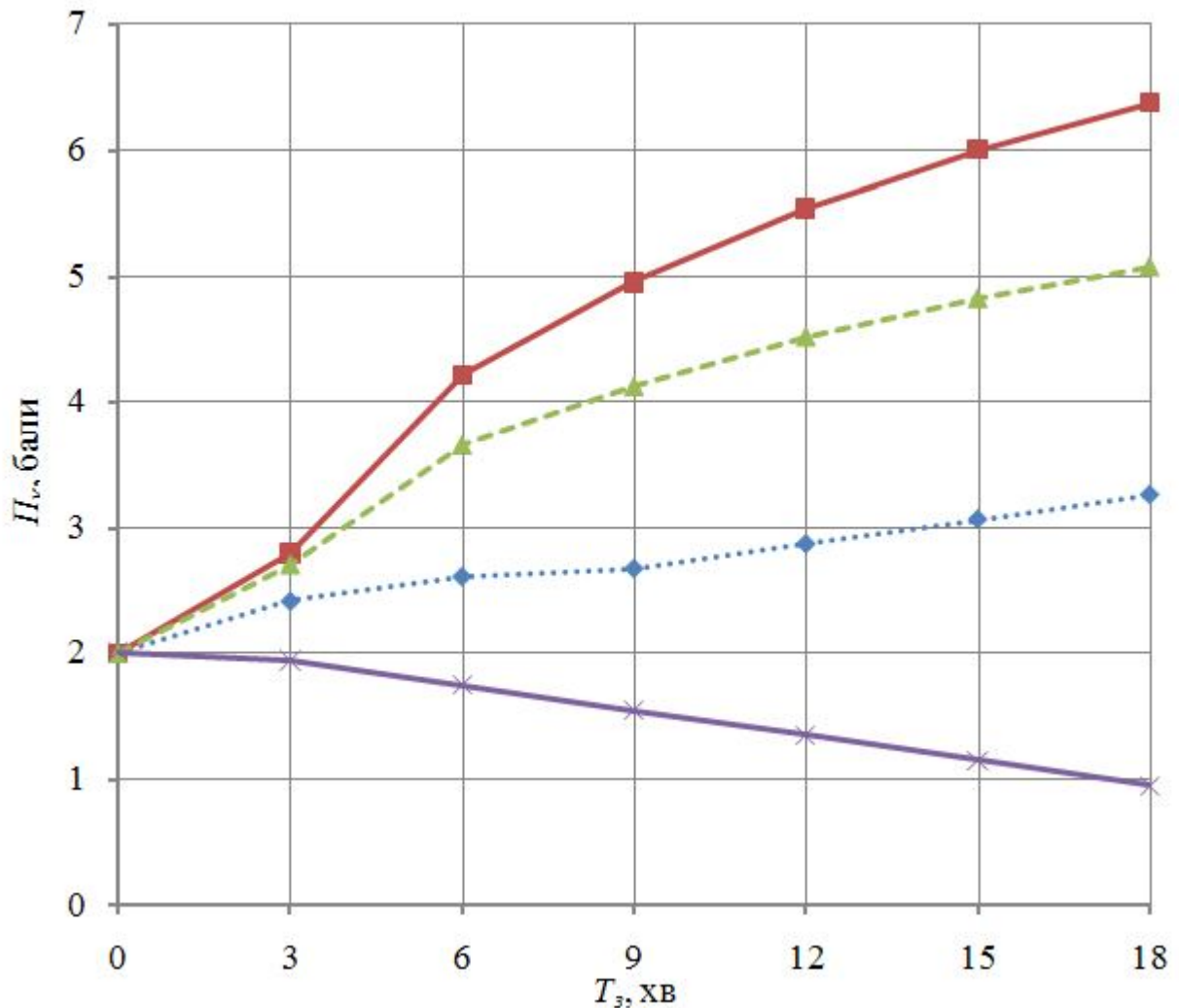


Рисунок 4.10 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ :

—♦— — Меланхолік. —■— — Холерик. —▲— — Сангвінік. —×— — Флегматик

Функційний стан водія-флегматика до третьої хвилини затору не змінюється, а далі поліпшується, сягаючи наприкінці затору одного балу. Показник функційного стану водія-меланхоліка змінюється незначно, становлячи наприкінці затору трохи більше ніж три бали. Функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика значно погіршується. Наприкінці затору показник активності регуляторних систем у водія-холерика перевищує шість балів, а у водія-сангвініка сягає п'яти балів.

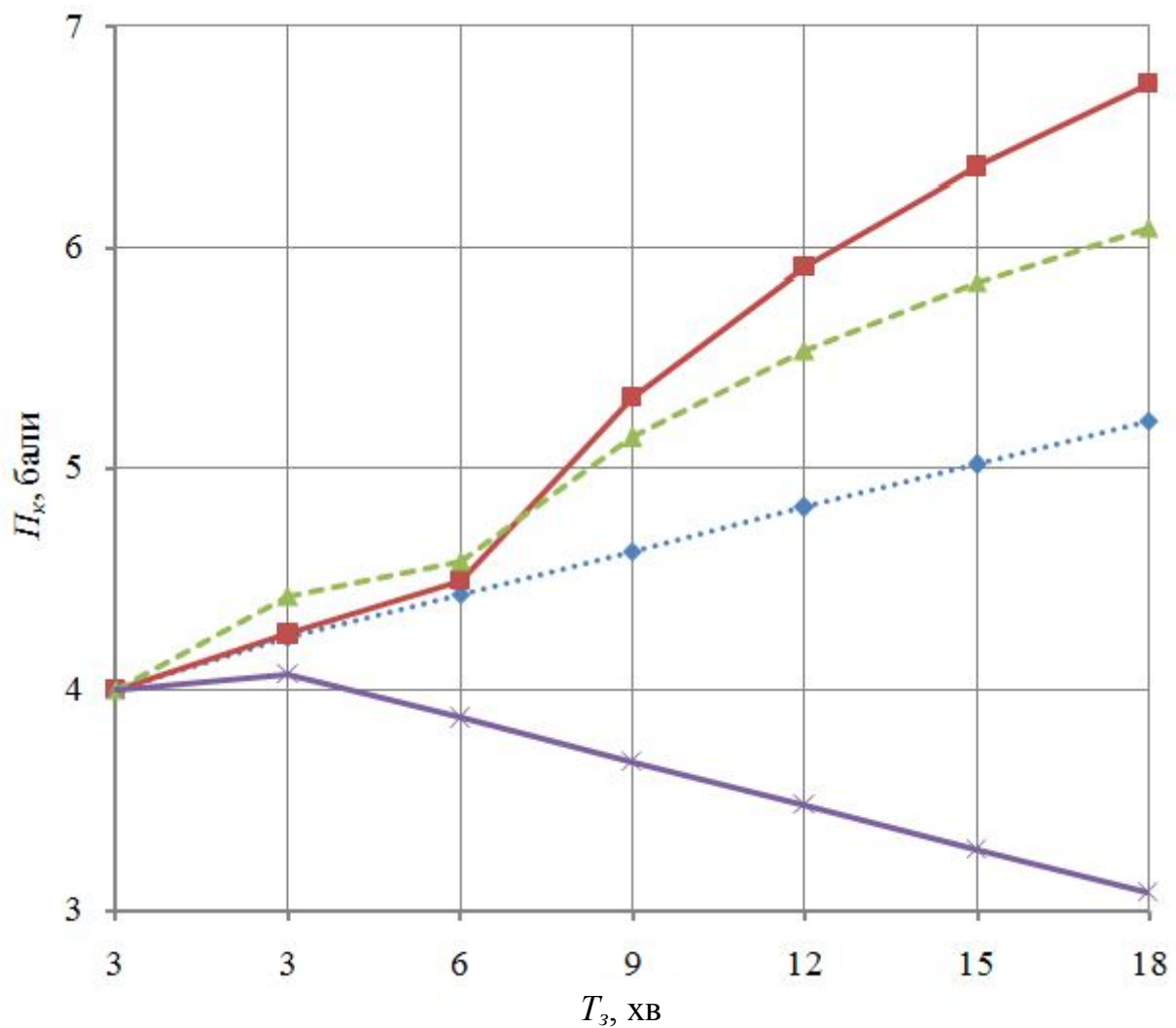


Рисунок 4.11 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $P_n = 4$ :

···◆·· – Меланхолік.    —■— – Холерик.    - -▲- - – Сангвінік.    —×— – Флегматик

При  $P_n = 4$  балам функційний стан водіїв у транспортному заторі змінюється так (рис. 4.11). Показник активності регуляторних систем водія-меланхоліка поступово збільшується, перевищуючи п'ять балів наприкінці затору. Функційний стан водія-флегматика після третьої хвилини затору поліпшується, наближаючись наприкінці затору до трьох балів. ПАРС водія-сангвініка і водія-холерика до шостої хвилини затору підвищується незначно, потім різко зростає, перевищуючи шість балів у водія-сангвініка і наближаючись до семи балів у водія-холерика.



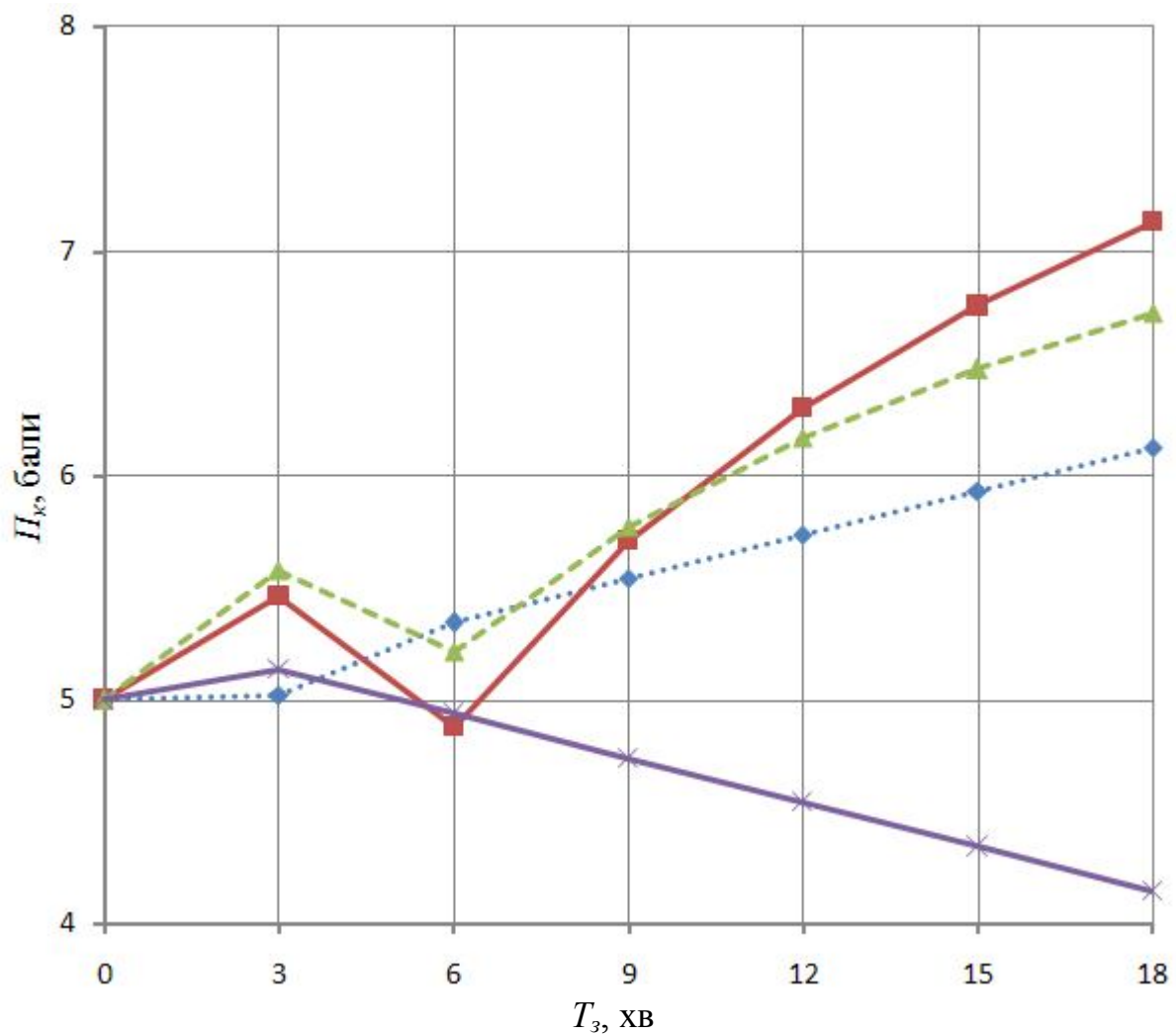


Рисунок 4.12 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $P_n = 5$ :  
 ..... – Меланхолік. —■— Холерик. -▲- Сангвінік. —×— Флегматик

Функційний стан тридцятирічних водія-флегматика і водія-меланхоліка до третьої хвилини затору не змінюється (рис. 4.12). Далі стан водія-флегматика поліпшується, наближаючись наприкінці затору до чотирьох балів, а водія-меланхоліка погіршується, перевищуючи шість балів. Функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика до третьої хвилини затору змінюється однаково, сягаючи п'яти з половиною балів. Далі стан водія-холерика до шостої хвилини затору нормалізується, повертаючись до початкового, а у водія-сангвініка наближається до початкового.

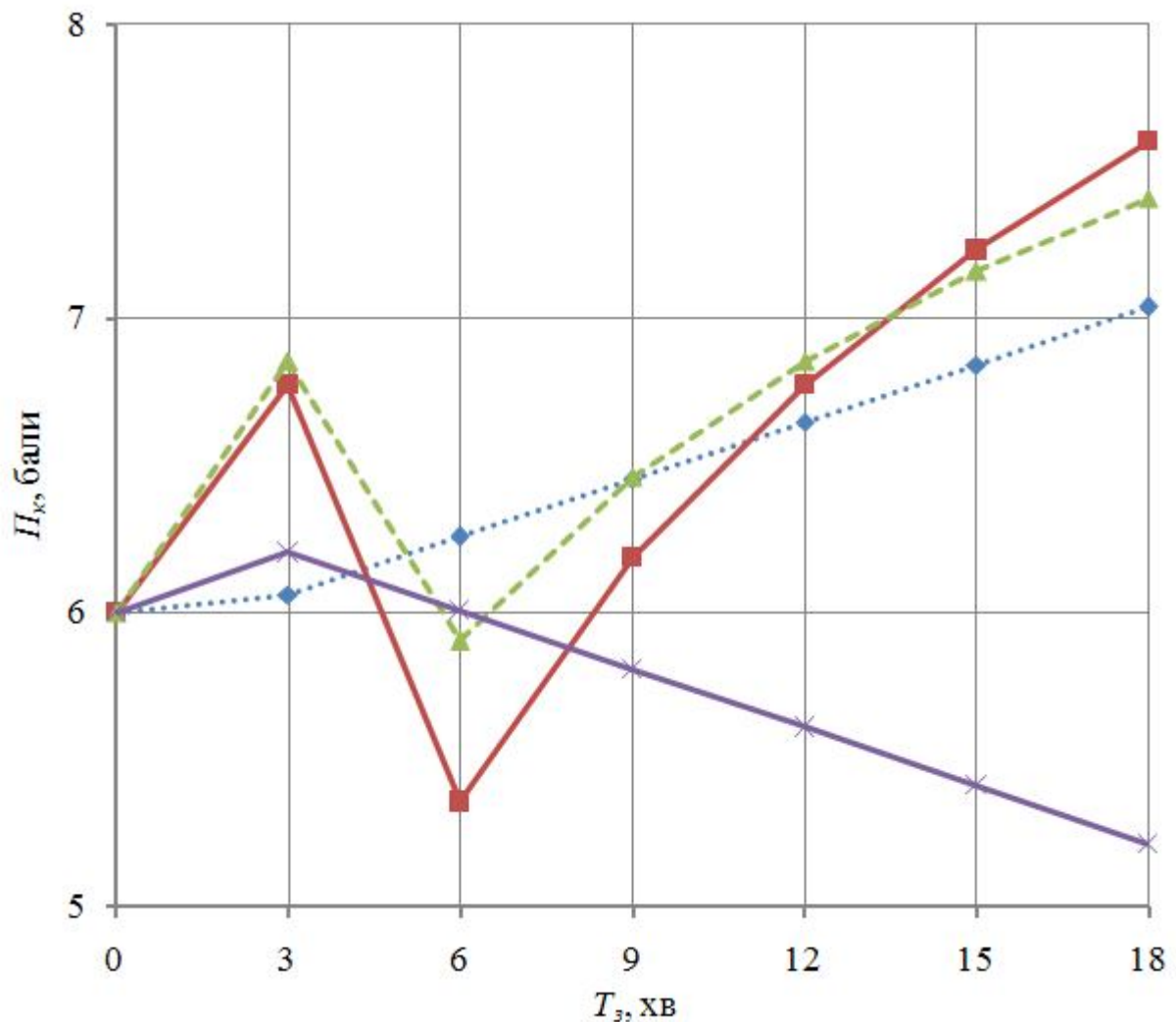


Рисунок 4.13 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $P_n = 6$ :

.....♦ – Меланхолік.    ■ – Холерик.    ▲ – Сангвінік.    ✕ – Флегматик

Після шостої хвилини затору показник активності регуляторних систем цих водіїв зростає, наближаючись до семи балів у водія-сангвініка і перевищуючи сім балів у водія-холерика.

Потрібно зазначити, що до десятої хвилини затору стан цих водіїв вирівнюється.

Тенденція змінювання функційного стану водіїв усіх темпераментів (рис. 4.13) аналогічна до змін, зображених на рисунку 4.12, хоча й яскравіше виражена.

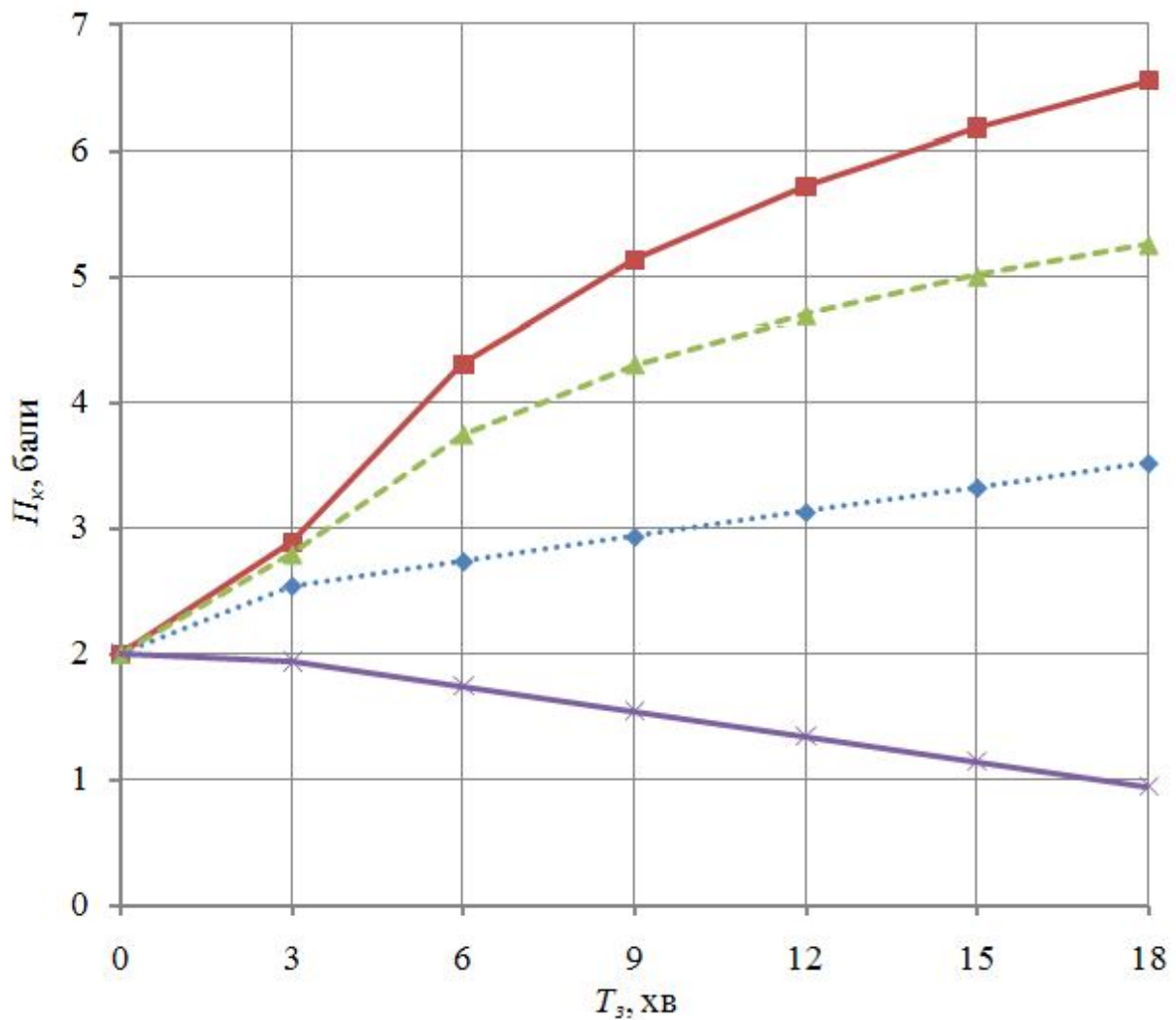


Рисунок 4.14 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $P_n = 2$ :  
 ..... – Меланхолік.    —■— — Холерик.    -▲- - Сангвінік.    —×— — Флегматик

Однак варто зазначити, що при  $P_n = 6$  балів до третьої хвилини затору внаслідок інерційних процесів, що відбуваються в організмі, відбувається подальше погіршення функційного стану водіїв усіх темпераментів, крім меланхоліка. Після цього функційний стан водія-флегматика поліпшується, а водія-меланхоліка погіршується, сягаючи наприкінці затору семи балів. Функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика до шостої хвилини затору поліпшується (ПАРС нижчий за початковий), далі зростає, сягаючи семи з половиною балів наприкінці затору. Функційні стани цих водіїв вирівнюються до тринадцятої хвилини затору.

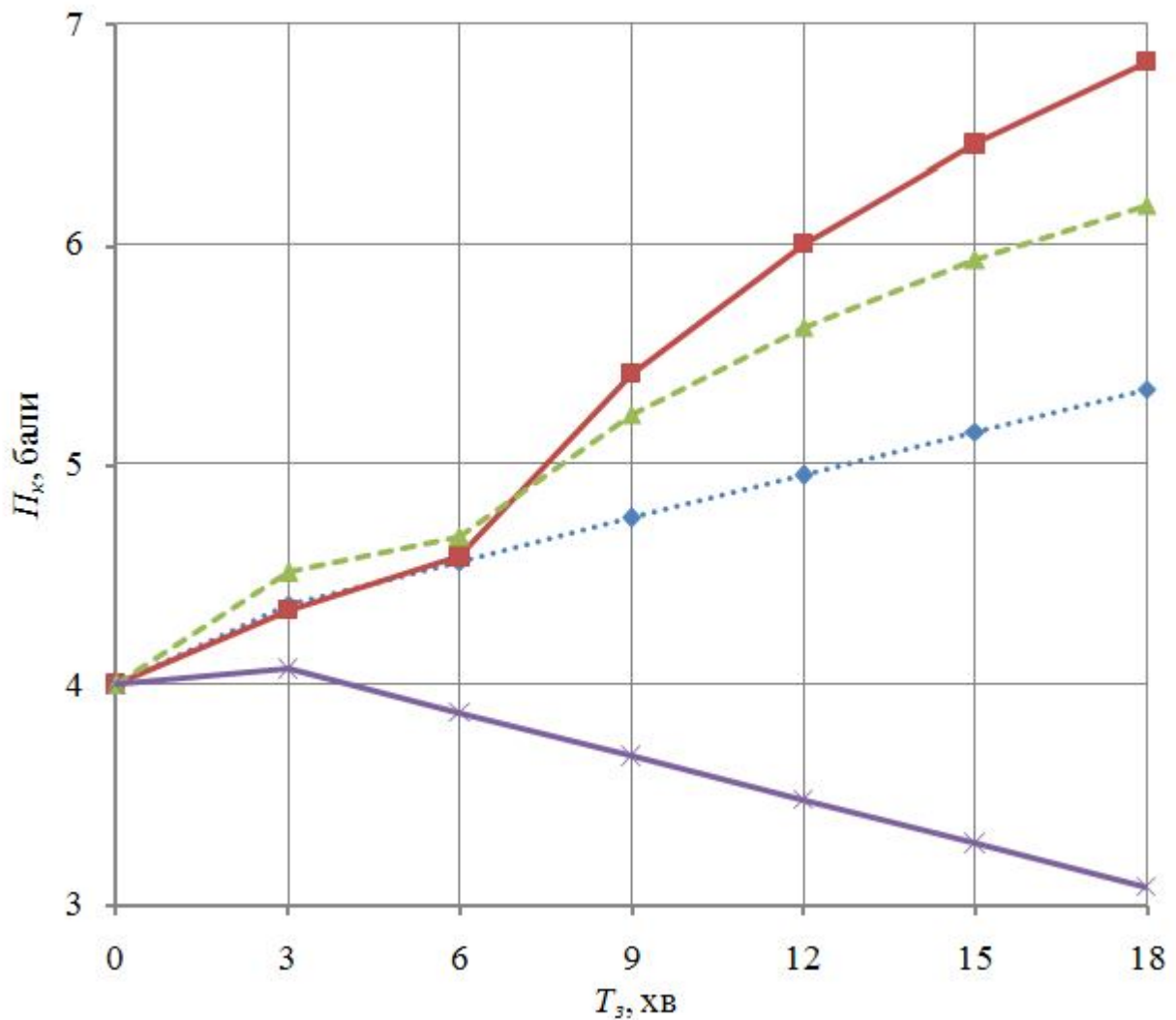


Рисунок 4.15 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $P_n = 4$ :

···· – Меланхолік. —■— Холерик. - - -▲- - Сангвінік. —×— Флегматик

Динаміка змінювання функційних станів водіїв усіх темпераментів на рисунку 4.14 співпадає зі змінюванням, поданим на рисунках 4.6 і 4.10, а на рисунку 4.15 – зі змінюванням на рисунках 4.7 і 4.11.

Функційний стан водіїв вік яких становить сорок років, у транспортному заторі при  $P_n = 5$  балів змінюється так (рис. 4.16). До третьої хвилини затору значення показника активності регуляторних систем водіїв усіх темпераментів, а у водія-меланхоліка і до кінця затору, зростає.

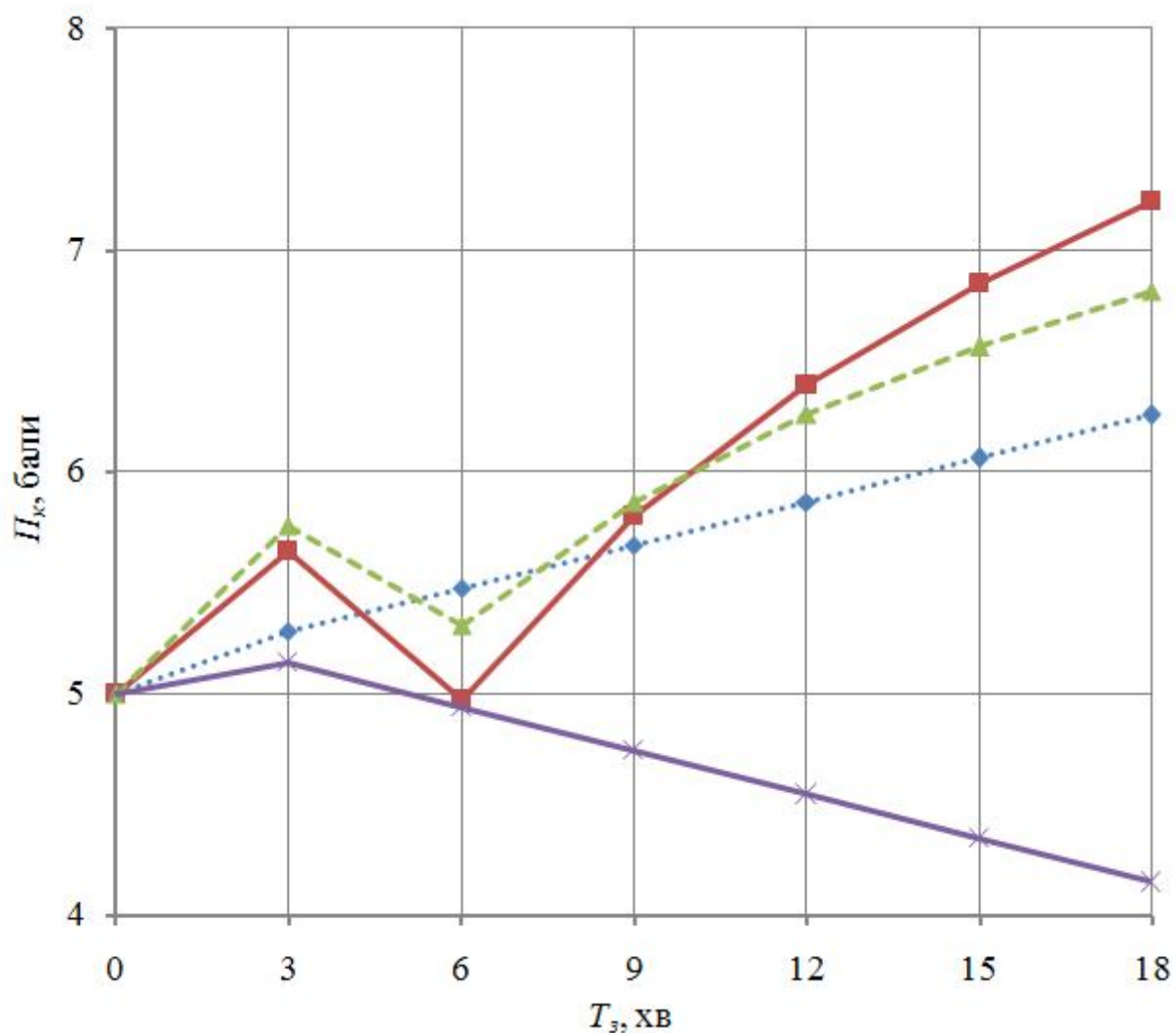


Рисунок 4.16 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $P_n = 5$ :

...♦... – Меланхолік.    —■— – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    —×— – Флегматик

Далі, до шостої хвилини, значення цього показника знижується у водія-холерика і водія-флегматика, досягаючи початкового, а у водія-сангвініка – до п'яти з половиною балів. Після цього функційний стан водія-флегматика поліпшується, наближаючись наприкінці затору до чотирьох балів, а водія-сангвініка і водія-холерика погіршується, наближаючись у першого до семи балів і перевищуючи їх у другого водія. Функційні стани всіх водіїв, крім флегматика, вирівнюються до дев'ятої хвилини затору.

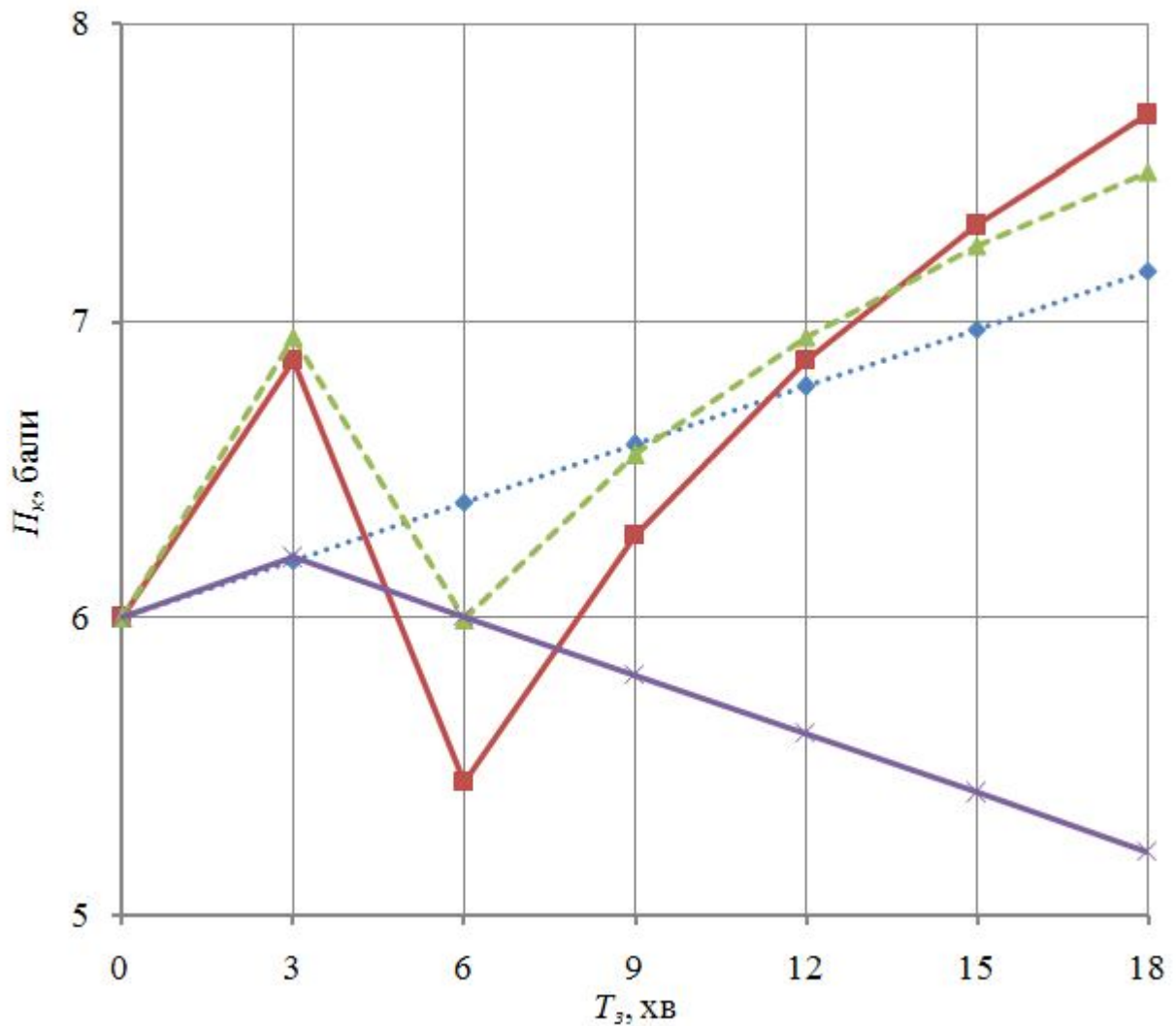


Рисунок 4.17 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $P_n = 6$ :

♦♦ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік. ✕ – Флегматик

Функційний стан водіїв, зображений на рисунку 4.17, змінюється подібно до поданого на рисунку 4.16. Функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика поліпшується з третьої хвилини затору до шостої. До того ж значення показника активності регуляторних систем у сангвініка досягає початкового, а у холерика – п'яти з половиною балів. Наприкінці транспортного затору це значення перевищує сім балів у водіїв усіх темпераментів, крім флегматика.

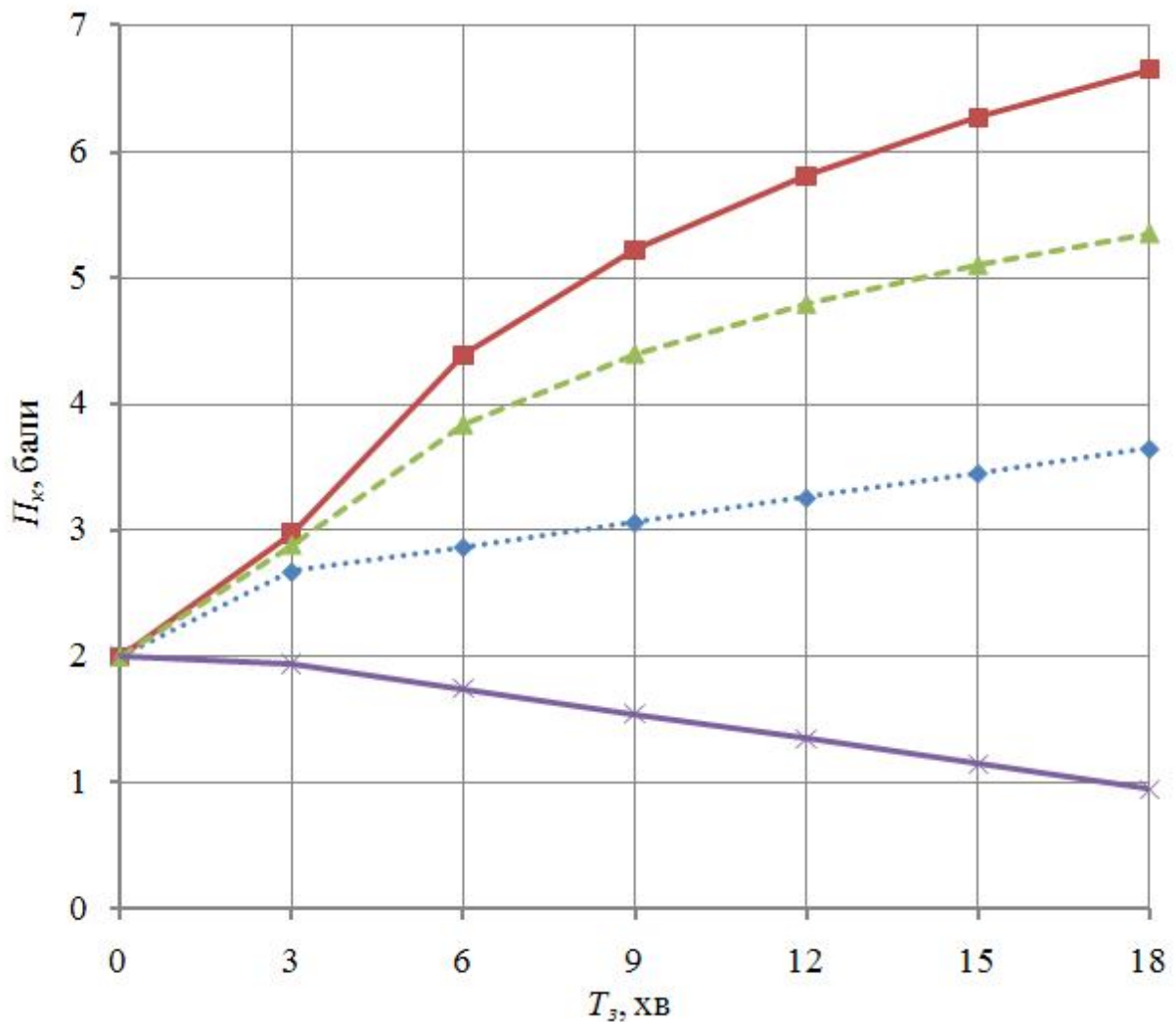


Рисунок 4.18 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $P_n = 2$ :

...♦... – Меланхолік.    ■ – Холерик.    ▲ – Сангвінік.    ✕ – Флегматик

До десятої хвилини затору вирівнюються функційні стани водія-сангвініка і водія-меланхоліка, до одинадцятої – водія-холерика і водія-меланхоліка, до чотирнадцятої – водія-холерика і водія-сангвініка.

Тенденція змінювання функційного стану водіїв усіх темпераментів у транспортному заторі (рис. 4.18) аналогічна до змін, поданих на рисунках 4.6, 4.10 і 4.14, а зображена на рисунку 4.19 – на рисунках 4.7, 4.11 і 4.15. На рисунку 4.18 функційні стани водіїв усіх темпераментів, крім флегматика, змінюються однаково до третьої хвилини затору, а на рисунку 4.19 – до дев'ятої.

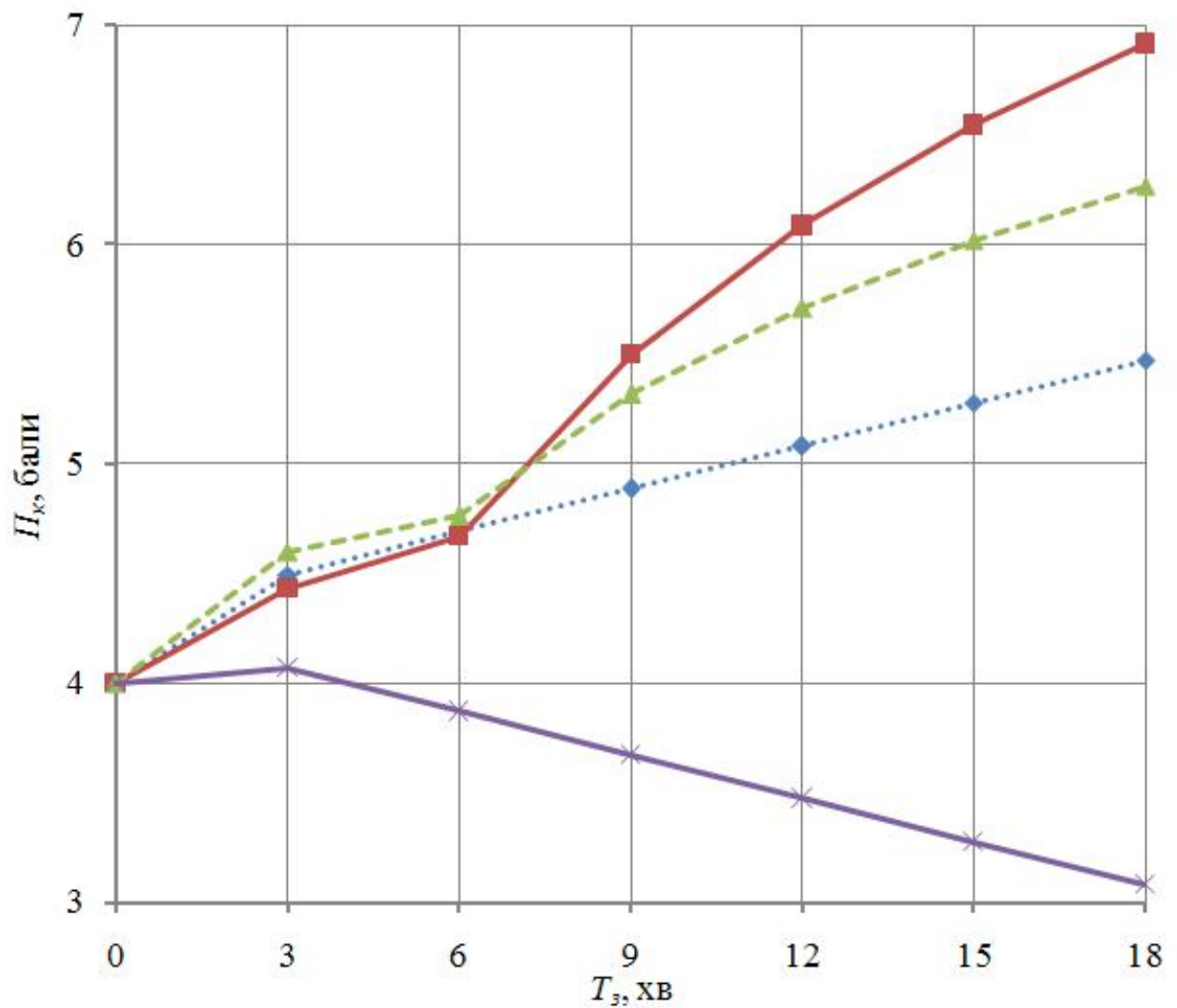


Рисунок 4.19 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ :

···· – Меланхолік. —■— – Холерик. - - -▲- - – Сангвінік. —×— – Флегматик

Функційний стан водія-флегматика до третьої хвилини не змінюється, а далі поліпшується, значення показника активності регуляторних систем знижується, сягаючи одного бала на рисунку 4.18 і наближаючись до трьох балів на рисунку 4.19. Наприкінці затору значення цього показника становить приблизно сім балів у водія-холерика і перевищує шість балів у водія-сангвініка.



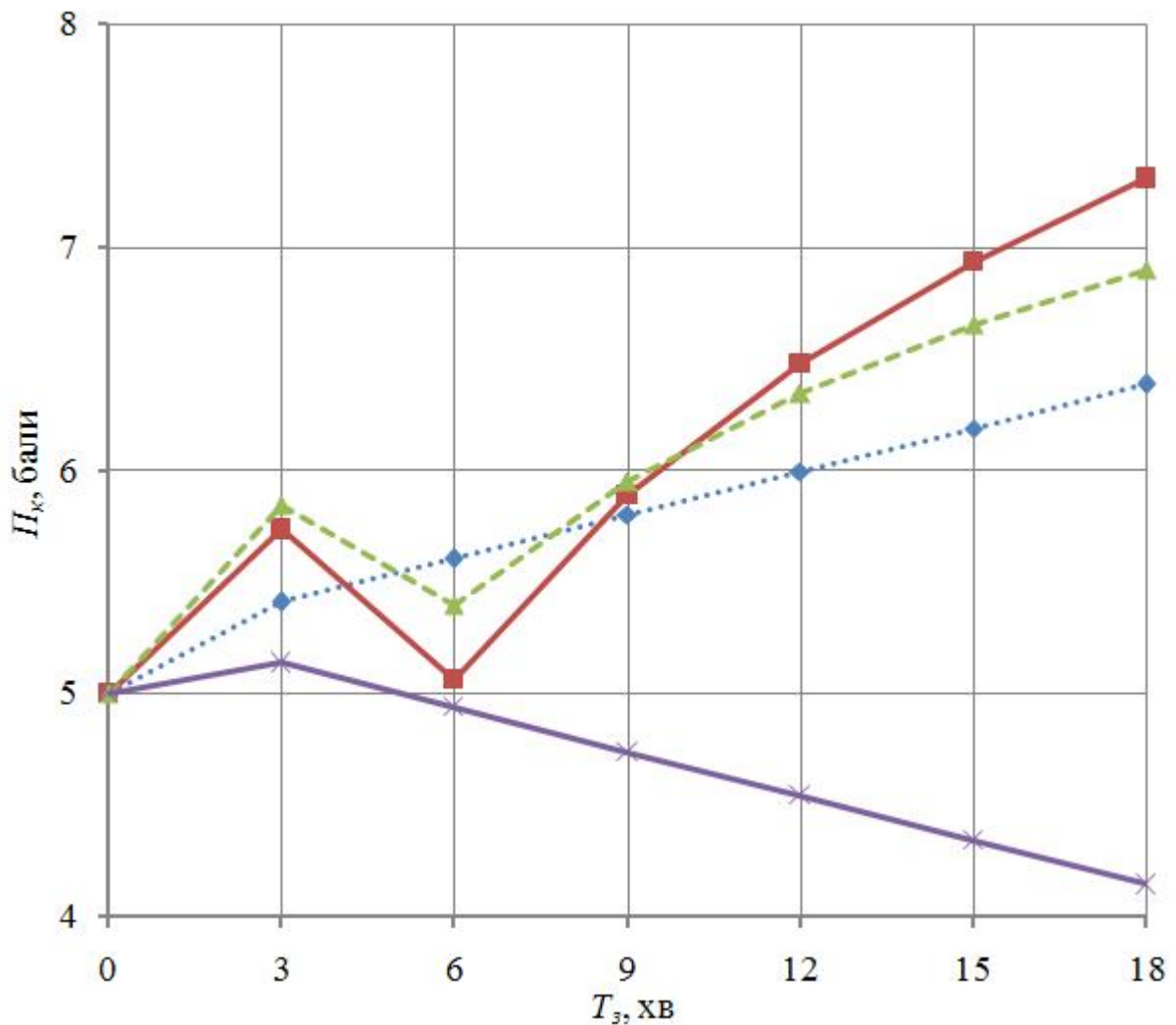


Рисунок 4.20 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $P_n = 5$ :

····· – Меланхолік. —■— – Холерик. - - - – Сангвінік. —×— – Флегматик

Динаміка змінювання функційних станів водіїв усіх темпераментів (рис. 4.20) подібна до змінювання, поданого на рисунку 4.16, а на рисунку 4.21 – до змінювання на рисунку 4.17. До того ж функційний стан водія-меланхоліка поступово погіршується, сягаючи наприкінці затору шести з половиною балів (рис. 4.20) і перевищуючи сім балів (рис. 4.21). Функційний стан водія-флегматика до третьої хвилини затору незначно погіршується, а далі поліпшується, наближаючись наприкінці затору до чотирьох балів (рис. 4.20) і до п'яти балів (рис. 4.21) відповідно. З п'ятої по восьму хвилину (рис. 4.20) і з п'ятої до десятої хвилини затору (рис. 4.21) найбільше значення показника активності регуляторних систем спостерігається у водія-меланхоліка.

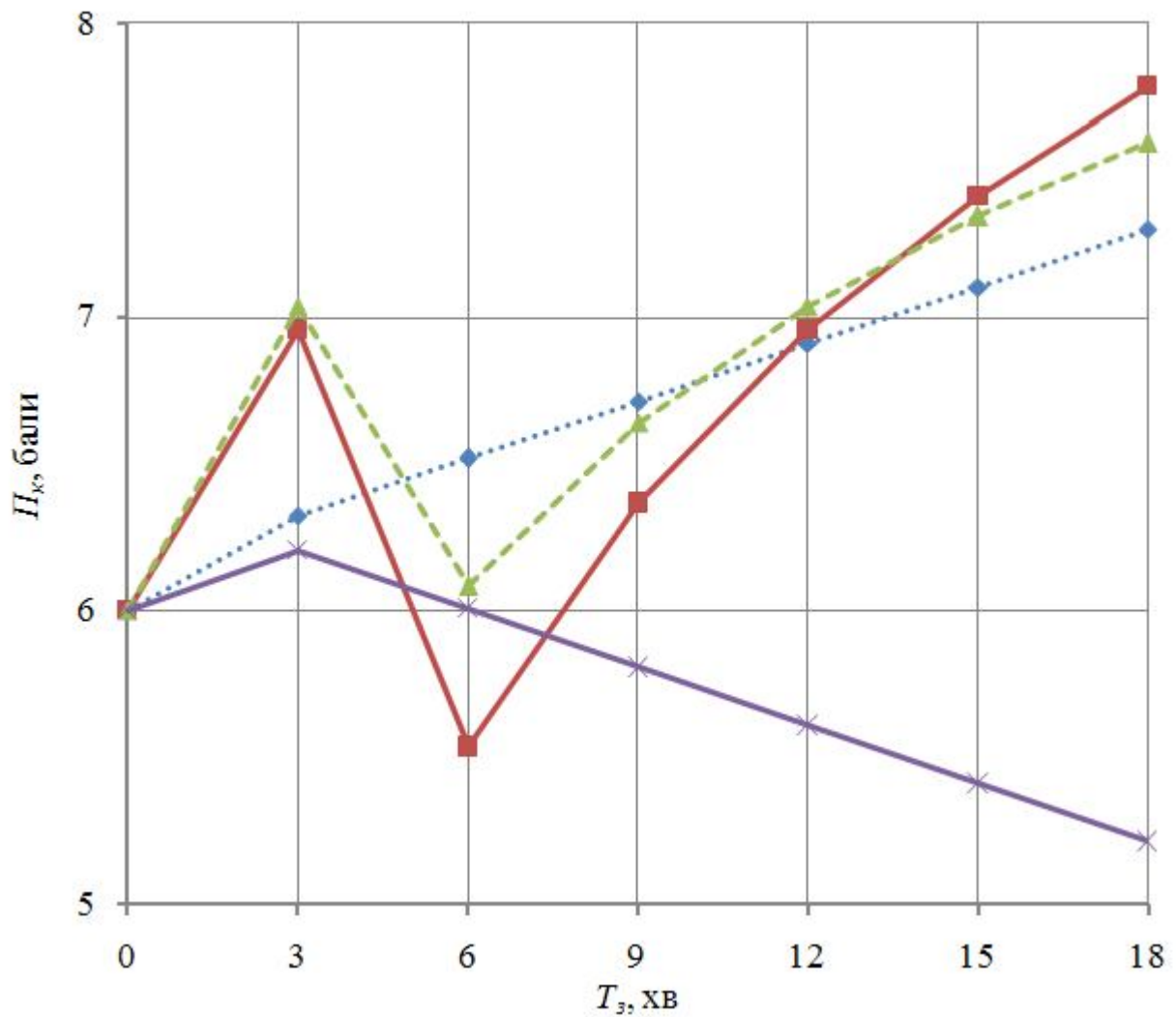


Рисунок 4.21 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $P_n = 6$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік. × – Флегматик

На рисунку 4.20 наприкінці затору значення цього показника у водія-сангвініка наближається до семи балів, а у водія-холерика перевищує сім балів. На рисунку 4.21 цей показник перевищує сім балів у обох водіїв.

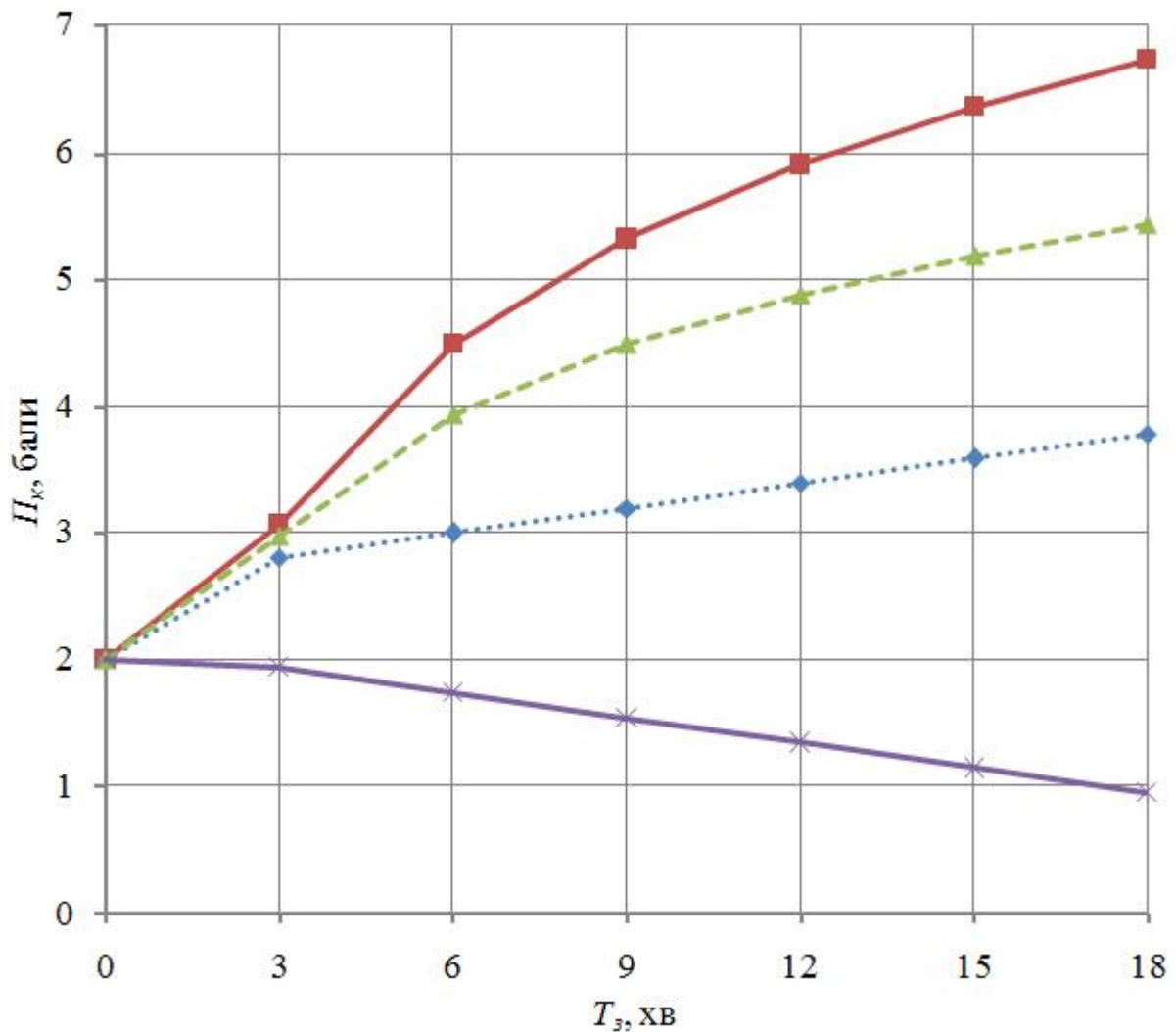


Рисунок 4.22 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $P_n = 2$ :

···◆·· – Меланхолік.    —■— – Холерик.    - -▲- - – Сангвінік.    —×— – Флегматик

У шістдесятирічних водіїв всіх темпераментів динаміка змінювання функційних станів (рис. 4.22) теж подібна до змінювання, поданого на рисунках 4.6, 4.10, 4.14 і 4.18. Функційний стан водія-флегматика протягом усього часу перебування в заторі поступово поліпшується. У водіїв інших темпераментів, навпаки, погіршується. До того ж в кінці затору показник активності регуляторних систем у водія-меланхоліка наближається до чотирьох балів, у водія-сангвініка перевищує п'ять балів, у водія-холерика наближається до семи балів.

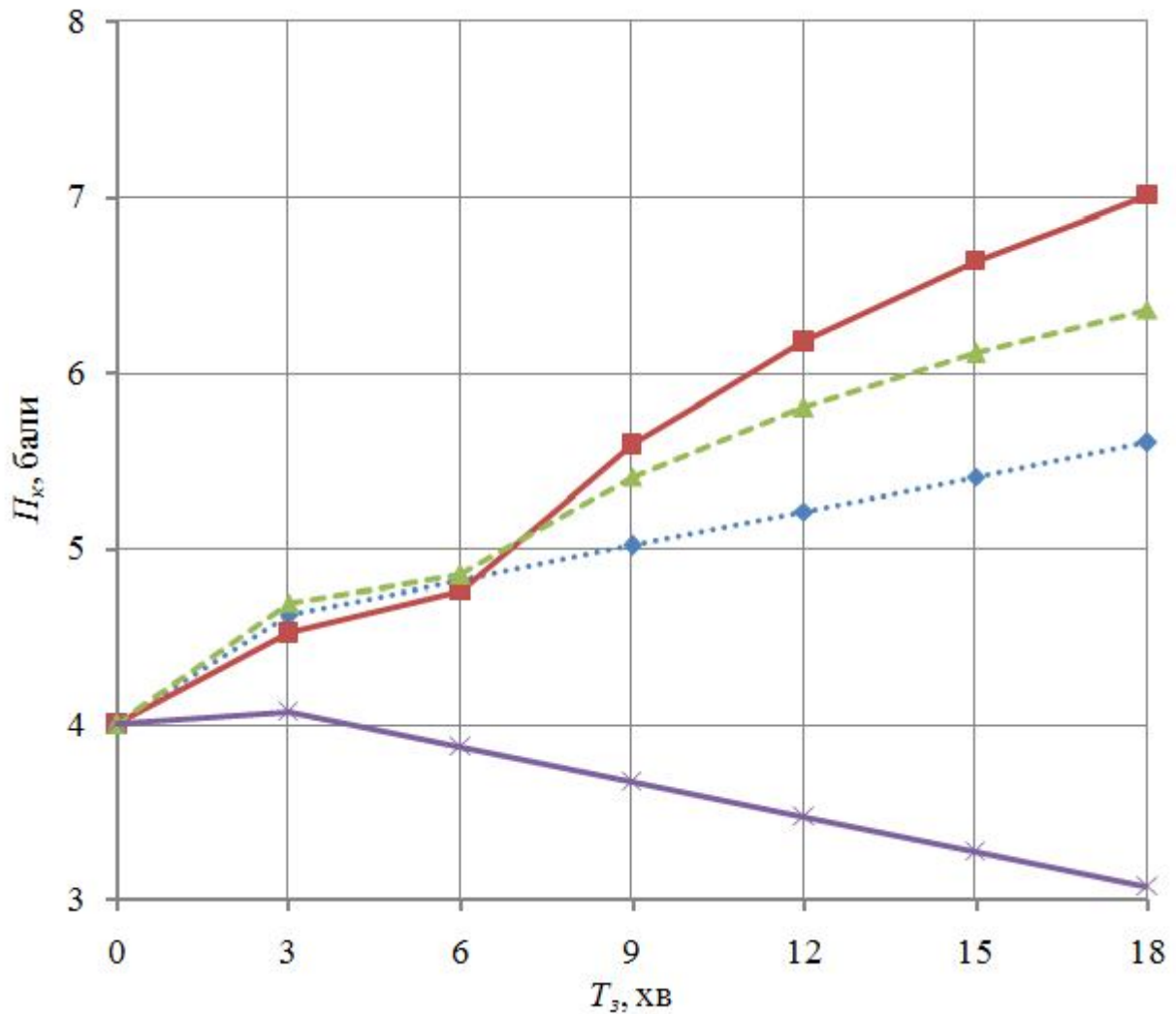


Рисунок 4.23 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $P_n = 4$ :

····· – Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік. —×— Флегматик

Приблизно така сама ситуація щодо змінювання функційного стану водіїв, вік яких становить шістдесят років, у транспортному заторі при  $P_n = 2$  бали (рис. 4.23). До шостої хвилини затору функційний стан у водіїв усіх типів темпераменту, крім холерика, погіршується однаково. Далі – по-різному, а значення показника активності регуляторних систем у водія-меланхоліка сягає п'яти з половиною балів, у водія-сангвініка – шести з половиною балів і у водія-холерика – семи балів. Стан водія-флегматика до третьої хвилини затору не змінюється, далі він поліпшується, наближаючись наприкінці затору до трьох балів.

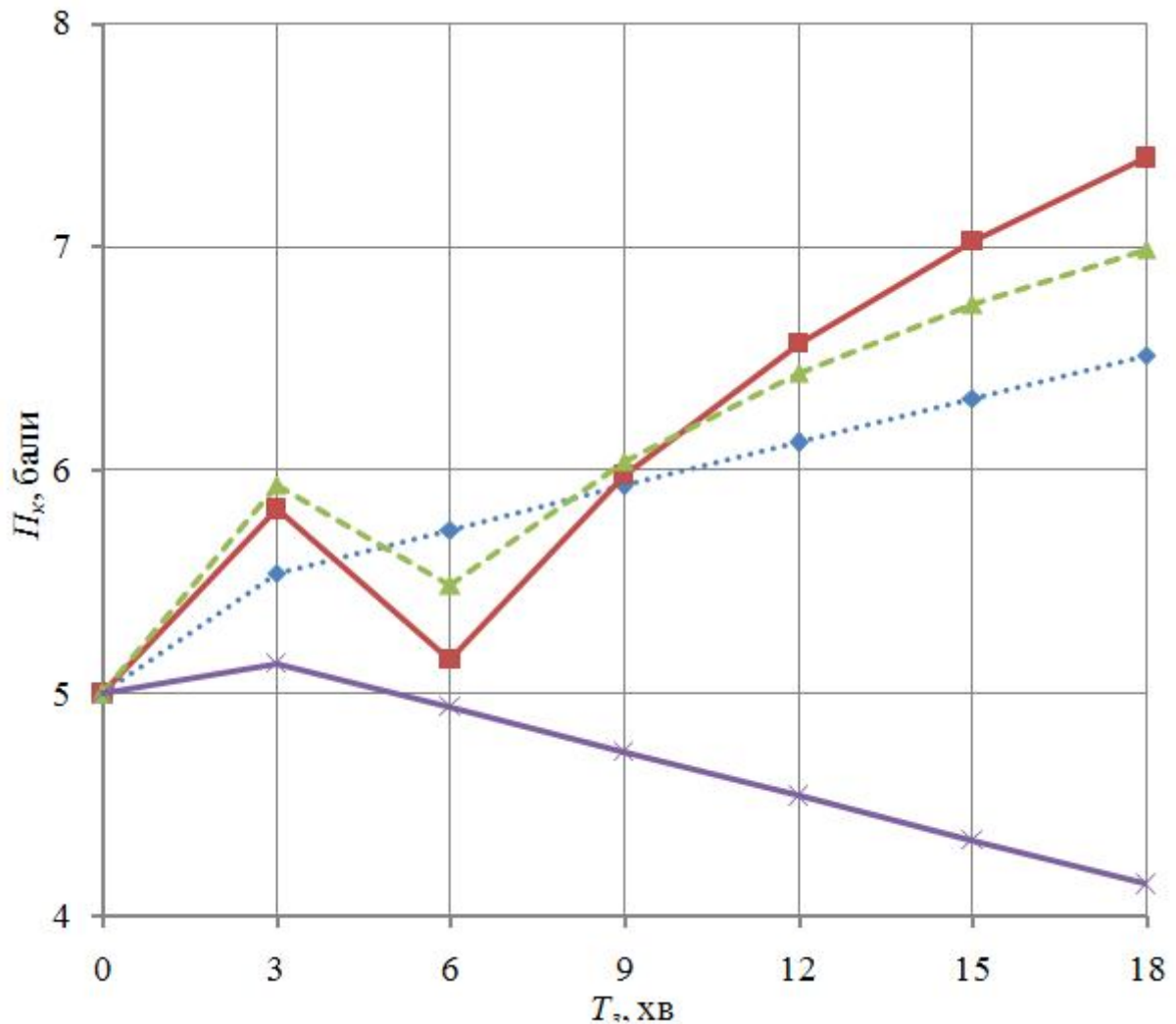


Рисунок 4.24 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $I_n = 5$ :

.....♦ – Меланхолік.    —■– Холерик.    -▲- Сангвінік.    —×– Флегматик

З рисунка 4.24 зрозуміло, що функційний стан водія-флегматика поліпшується, наближаючись наприкінці затору до чотирьох балів. Функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика до третьої хвилини затору погіршується однаково, далі їхний стан поліпшується до шостої хвилини, не досягаючи, однак, початкових значень показника активності регуляторних систем організму. Далі їхний стан знову погіршується, а значення цього показника наприкінці затору у водія-сангвініка становить сім балів, у водія-холерика – сім з половиною балів. Функційний стан водія-меланхоліка поступово погіршується, а значення ПАРС наприкінці затору сягає шести з половиною балів. Функційний стан водіїв усіх типів темпераментів, крім флегматика, вирівнюється до дев'ятої хвилини затору. З п'ятої до дев'ятої хвилини затору найбільше значення показника активності регуляторних систем спостерігається у водія-меланхоліка.

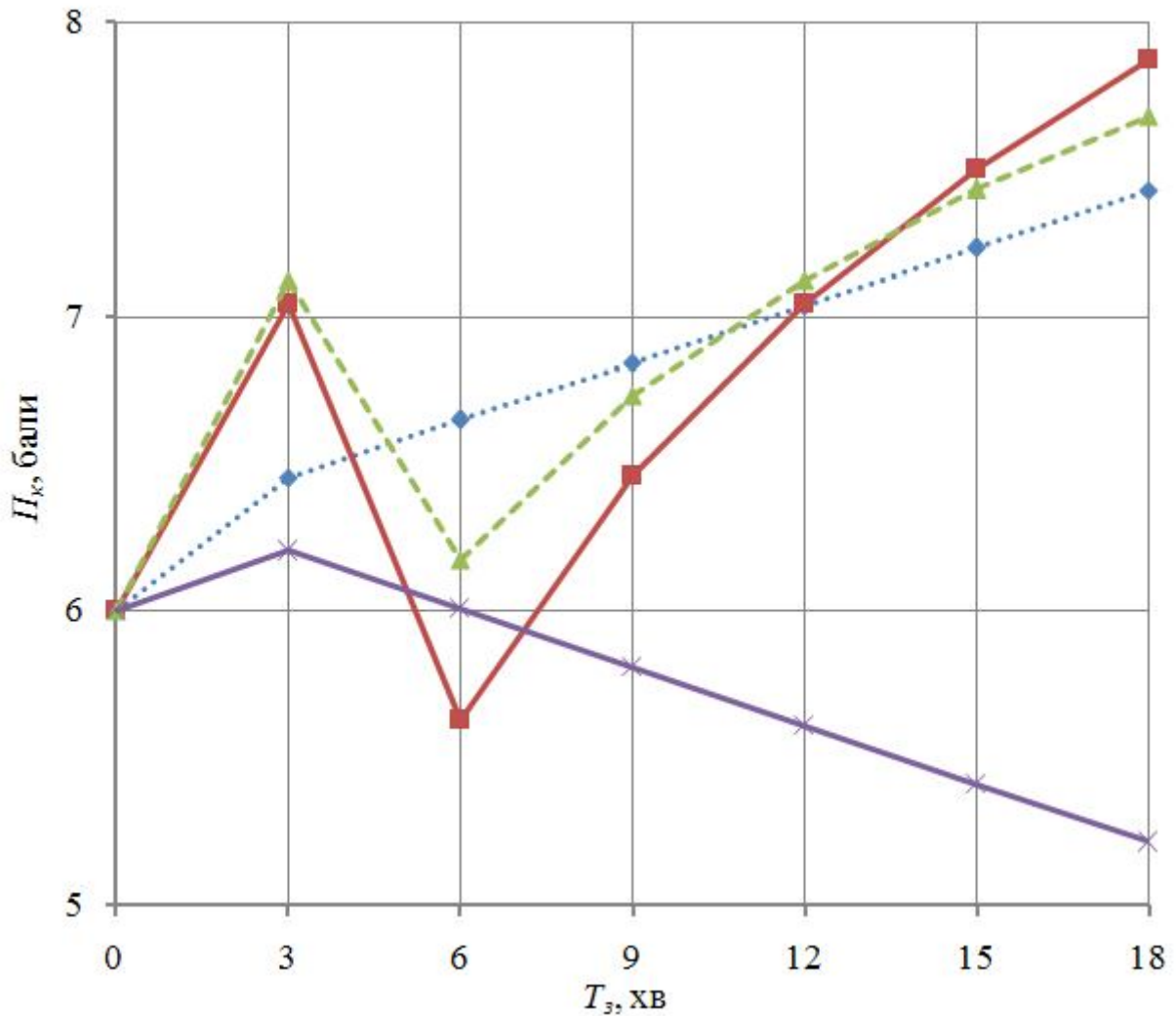


Рисунок 4.25 – Залежність змінювання функційного стану водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $P_n = 6$ :

...♦... – Меланхолік.    ■ – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    ✕ – Флегматик

Тенденція змінювання функційного стану водіїв усіх типів темпераментів (рис. 4.25) подібна до змінювання, поданого на рисунку 4.24, але яскравіше виражено. Значення показника активності регуляторних систем цих водіїв, крім флегматика, наприкінці затору наближається до восьми балів. Стан водія-флегматика поступово поліпшується, наближаючись наприкінці затору до п'яти балів.

Далі було побудовано графіки залежностей ПАРС водіїв усіх темпераментів (крім флегматика) від віку у разі різного поєднання показників початкового стану й тривалості транспортного затору (рис. 4.26–4.49). Оскільки на змінювання функційного стану водія-флегматика в заторі не впливає його вік, то стан таких водіїв не розглядався.

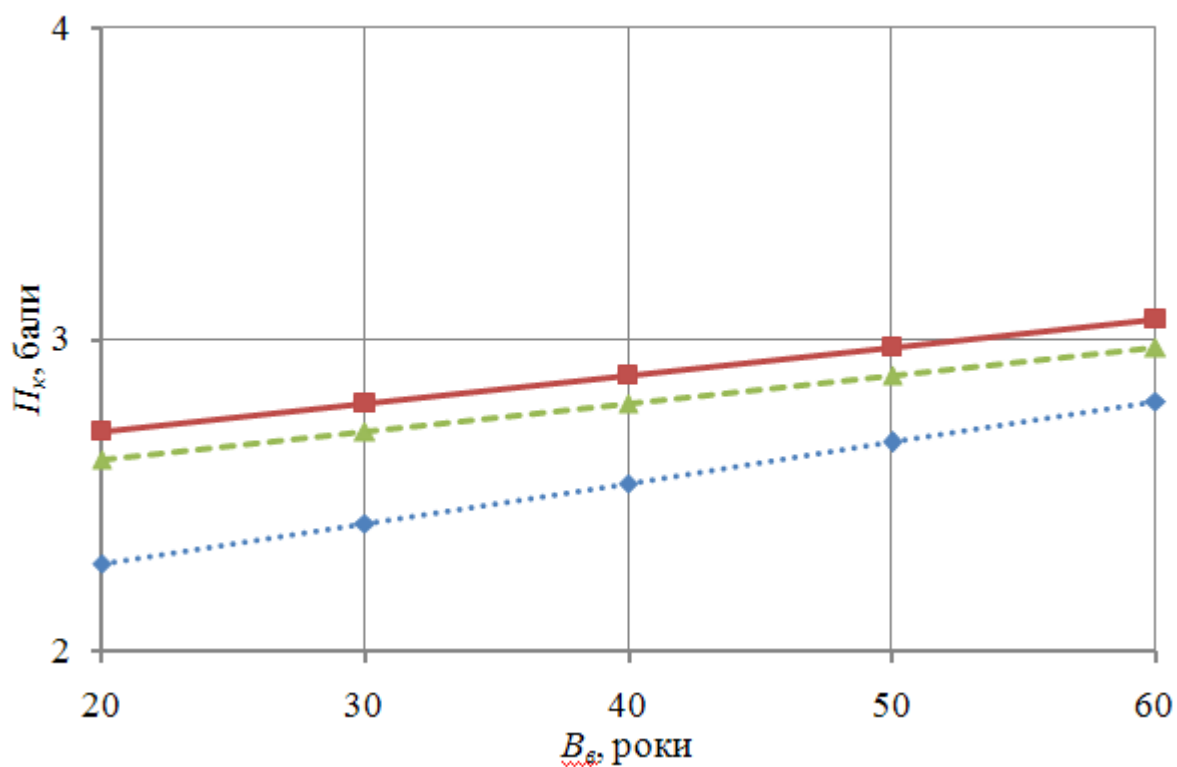


Рисунок 4.26 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2, T_3 = 3$ :

····· – Меланхолік. —■— Холерик. -▲- Сангвінік

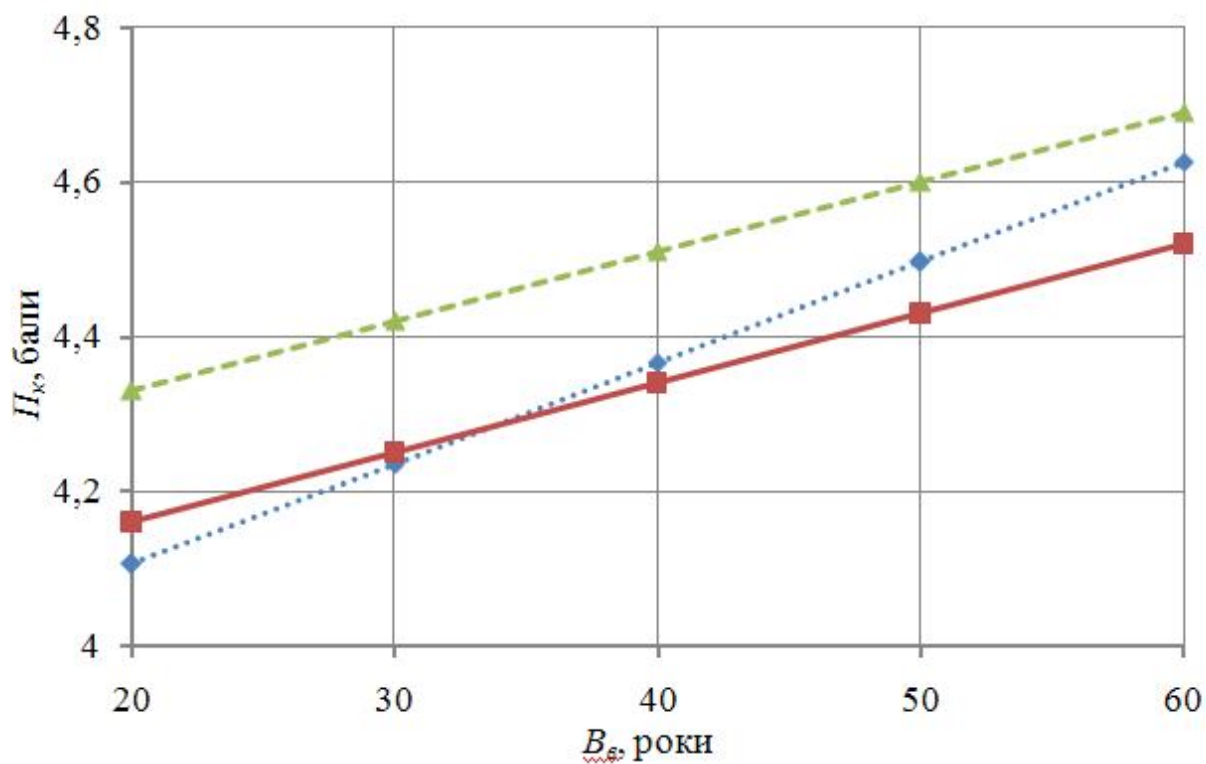


Рисунок 4.27 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4, T_3 = 3$ :

····· – Меланхолік. —■— Холерик. -▲- Сангвінік



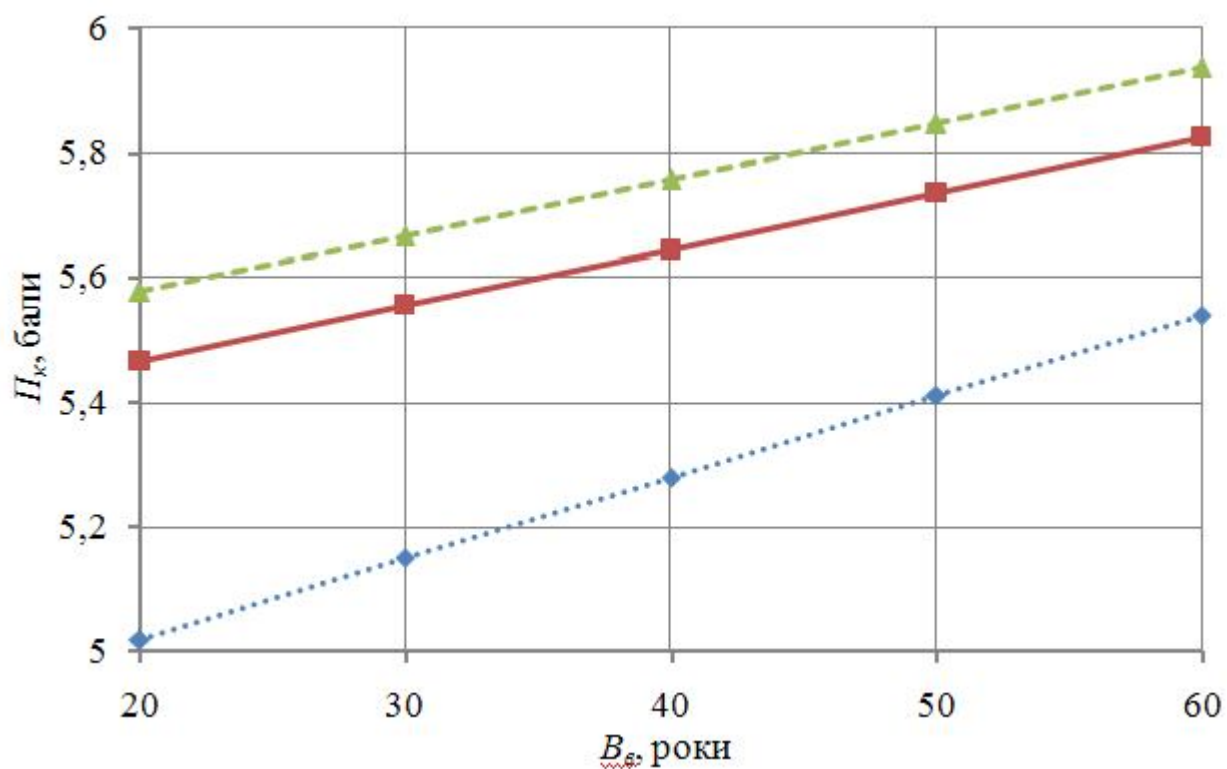


Рисунок 4.28 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 5$ ,  $T_3 = 3$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

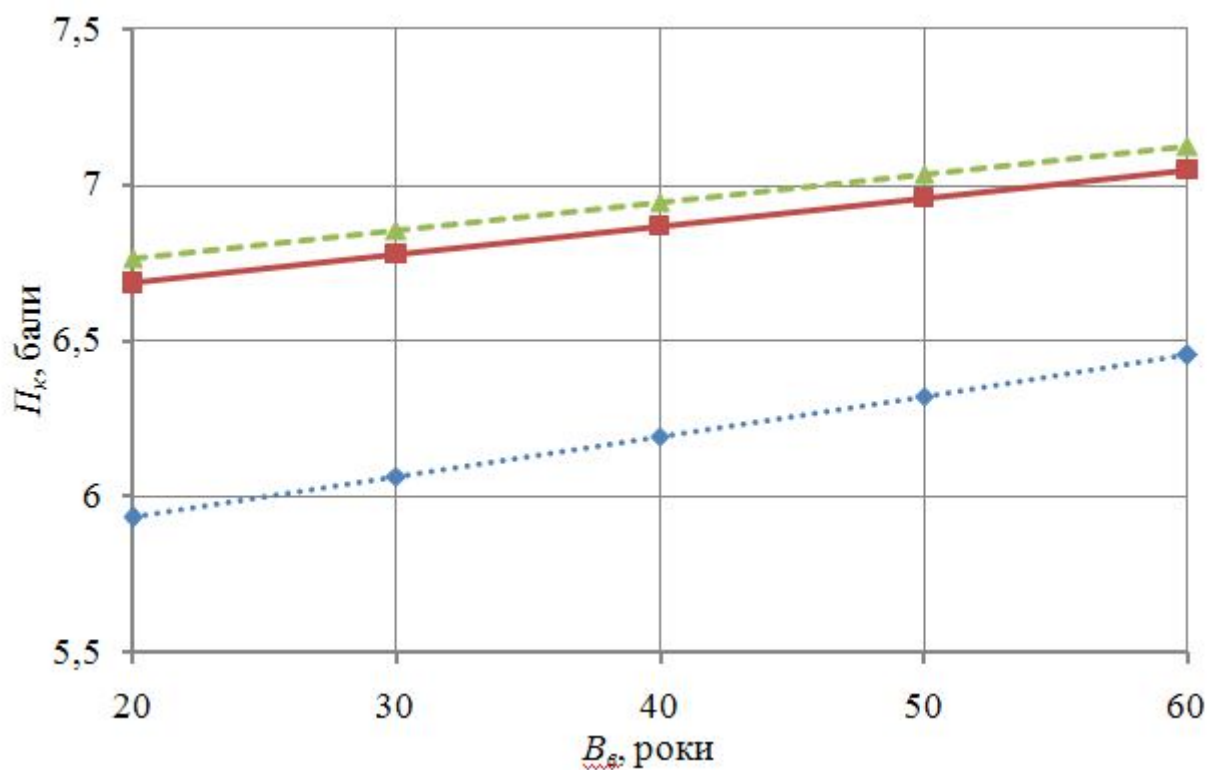


Рисунок 4.29 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 6$ ,  $T_3 = 3$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік



З рисунка 4.26 зрозуміло, що в разі якщо транспортний затор триває три хвилини, а початкове значення ПАРС дорівнює двом балам, рівень функційного стану водіїв-холериків будь-якого віку перевищує рівень водіїв-сангвініків, а рівень стану останніх – вищий, ніж у водіїв-меланхоліків.

На рисунках 4.27–4.29 показано, що в такому самому заторі в разі, якщо початкове значення ПАРС зростає з чотирьох до шести балів, рівень функційного стану водіїв-сангвініків будь-якого віку вищий, ніж у водіїв-холериків, рівень яких вищий, ніж у водіїв-меланхоліків. Це відбувається тому, що психічні процеси у холериків і сангвініків відбуваються швидше, ніж у меланхоліків, і в разі високих початкових значень ПАРС при вході в транспортний затор інерційні процеси у них продовжуються.

За рисунком 4.30 зрозуміло: якщо початкове значення ПАРС дорівнює двом, найгірше в транспортному заторі почуває себе водій-холерик, краще – водій-сангвінік і водій-меланхолік відповідно.

З рисунка 4.31 випливає, що якщо транспортний затор триває шість хвилин, а початкове ПАРС дорівнює чотирьом, функційний стан водіїв-холериків і водіїв-меланхоліків сорока років і водіїв-сангвініків і водіїв-меланхоліків шістдесяти років однаковий. До того ж значення ПАРС водіїв-сангвініків будь-якого віку вище, ніж у представників інших темпераментів.

Стосовно цього самого транспортного затору ситуація значно змінюється, якщо початкові значення показника активності регуляторних систем становлять п'ять і шість балів (рис. 4.32–4.33). Рівень функційного стану при цьому у водія-меланхоліка вищий, ніж у водія-сангвініка, а у останнього вищий, ніж у водія-холерика.

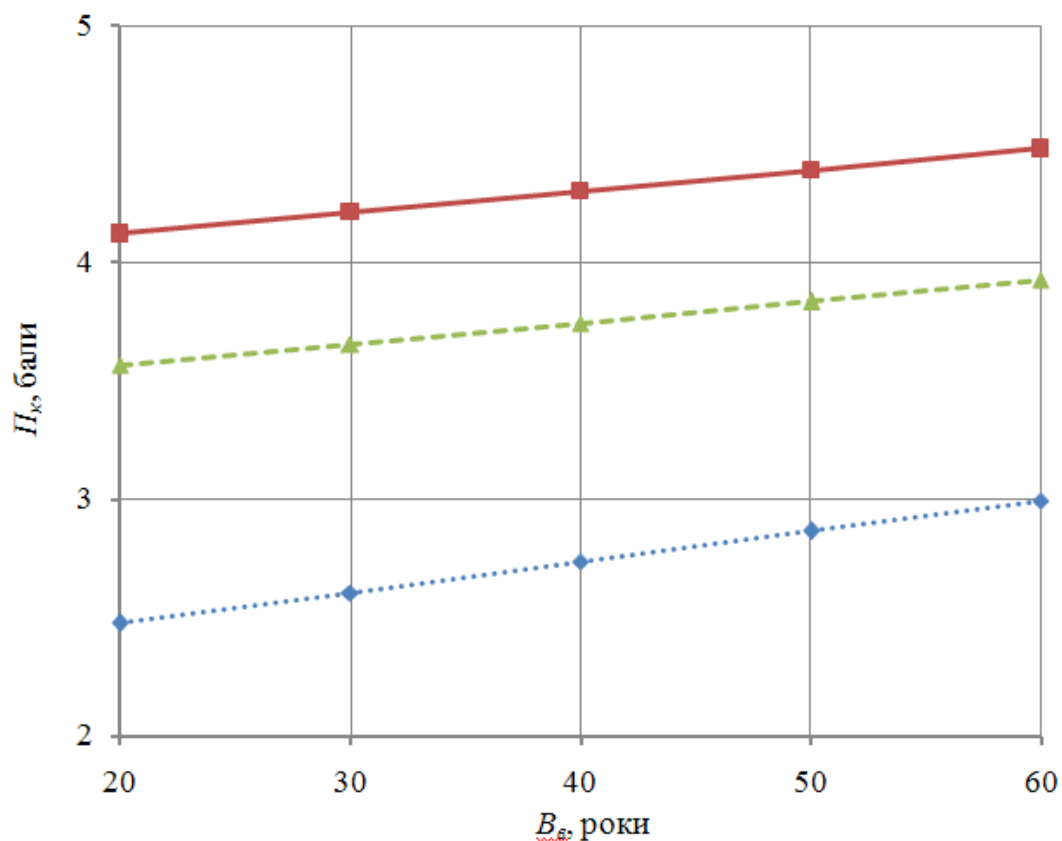


Рисунок 4.30 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ ,  $T_3 = 6$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

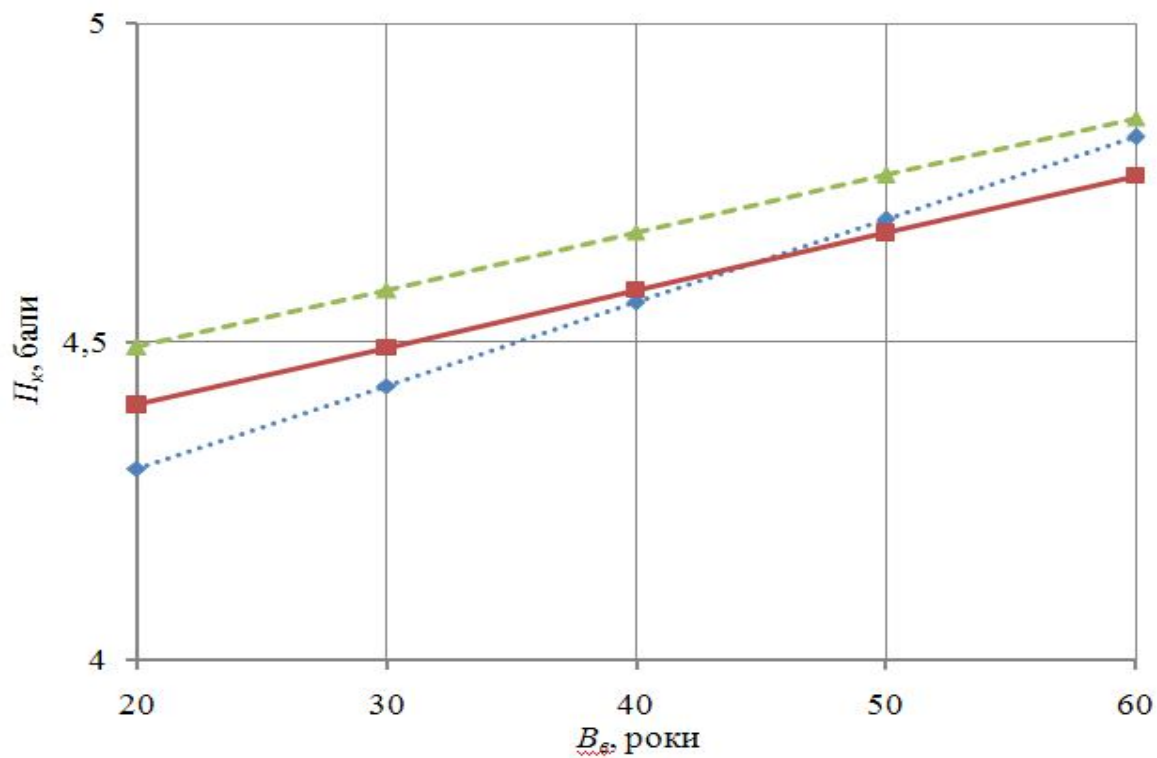


Рисунок 4.31 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ ,  $T_3 = 6$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

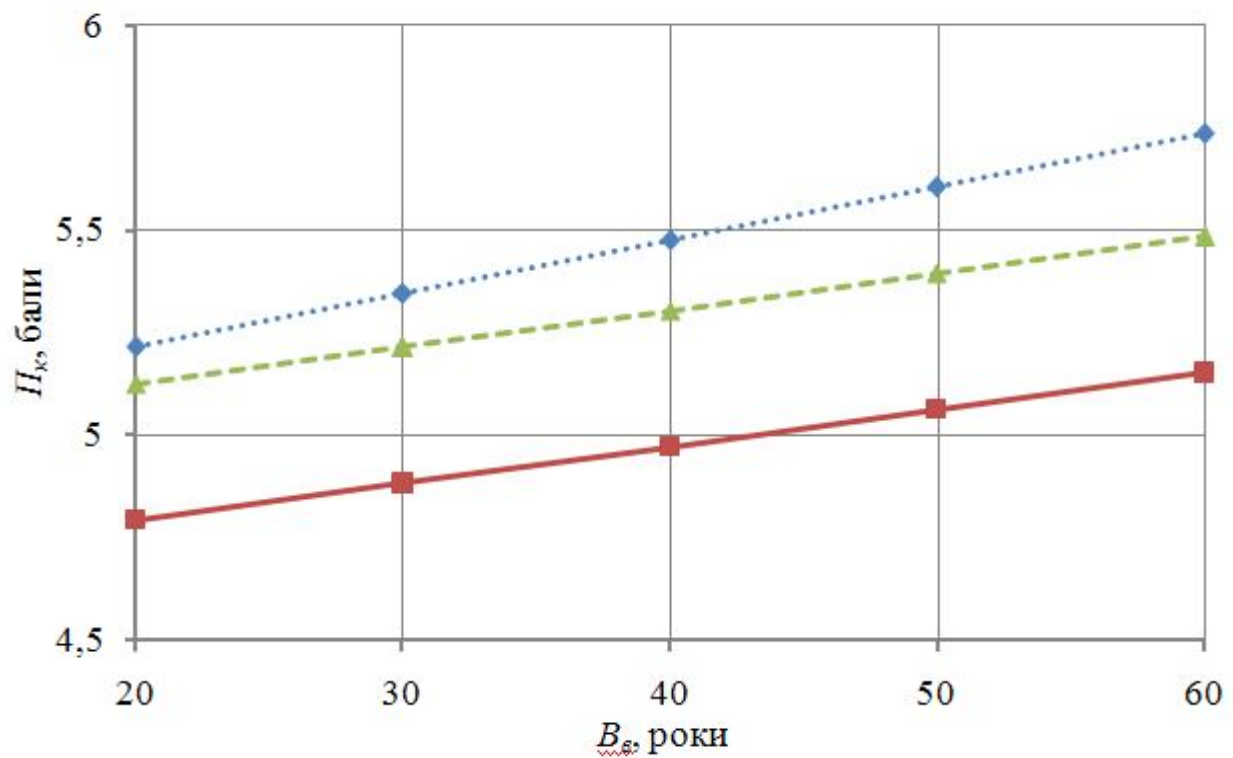


Рисунок 4.32 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 5$ ,  $T_3 = 6$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

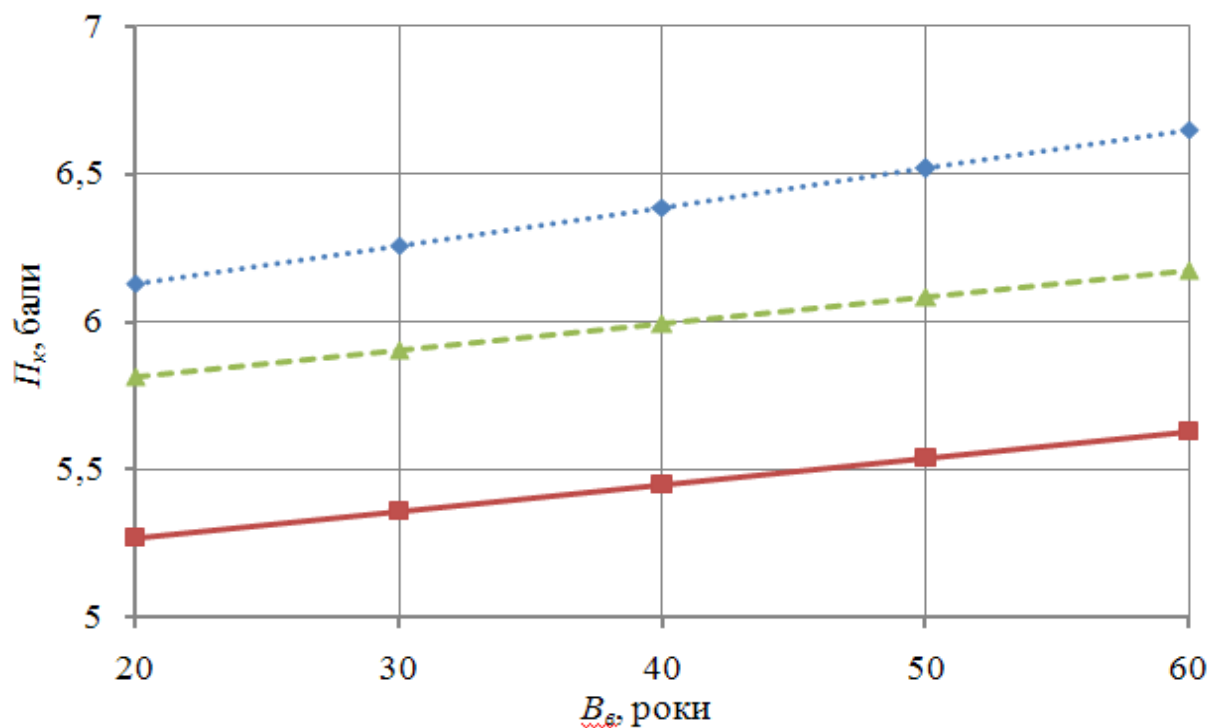


Рисунок 4.33 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 6$ ,  $T_3 = 6$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

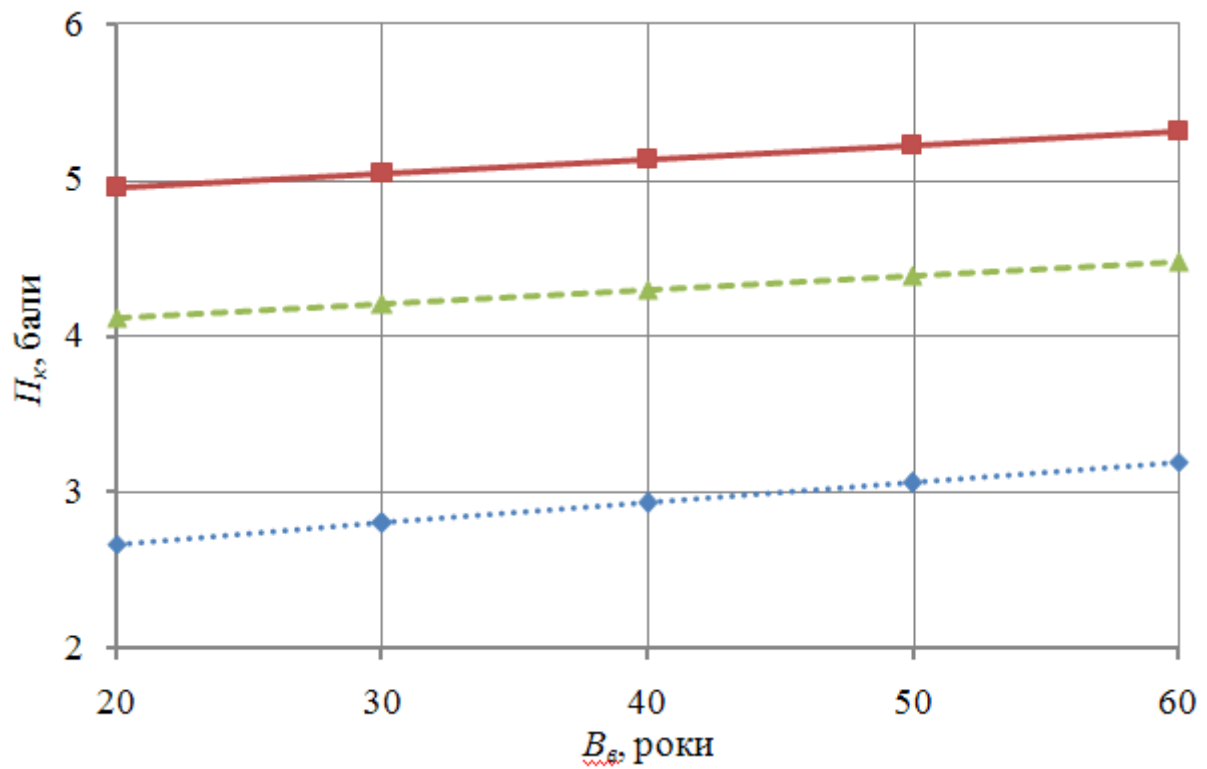


Рисунок 4.34 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 2$ ,  $T_3 = 9$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

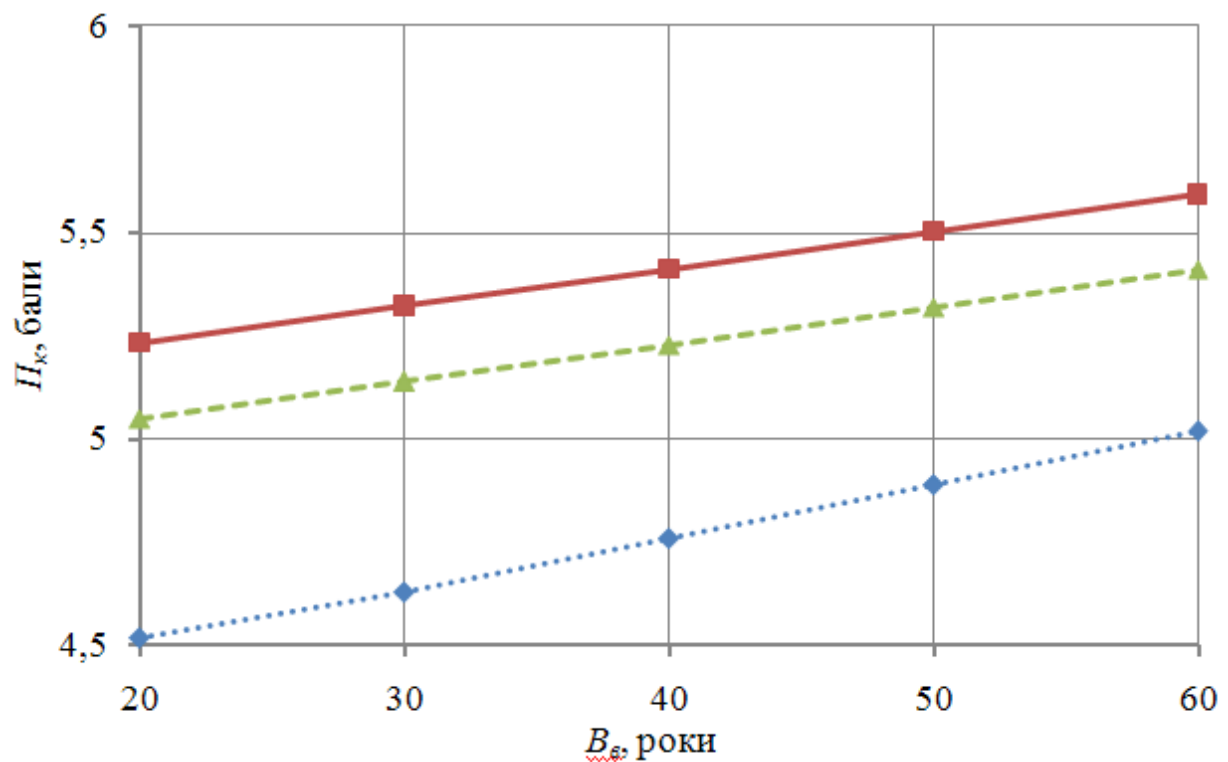


Рисунок 4.35 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 4$ ,  $T_3 = 9$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

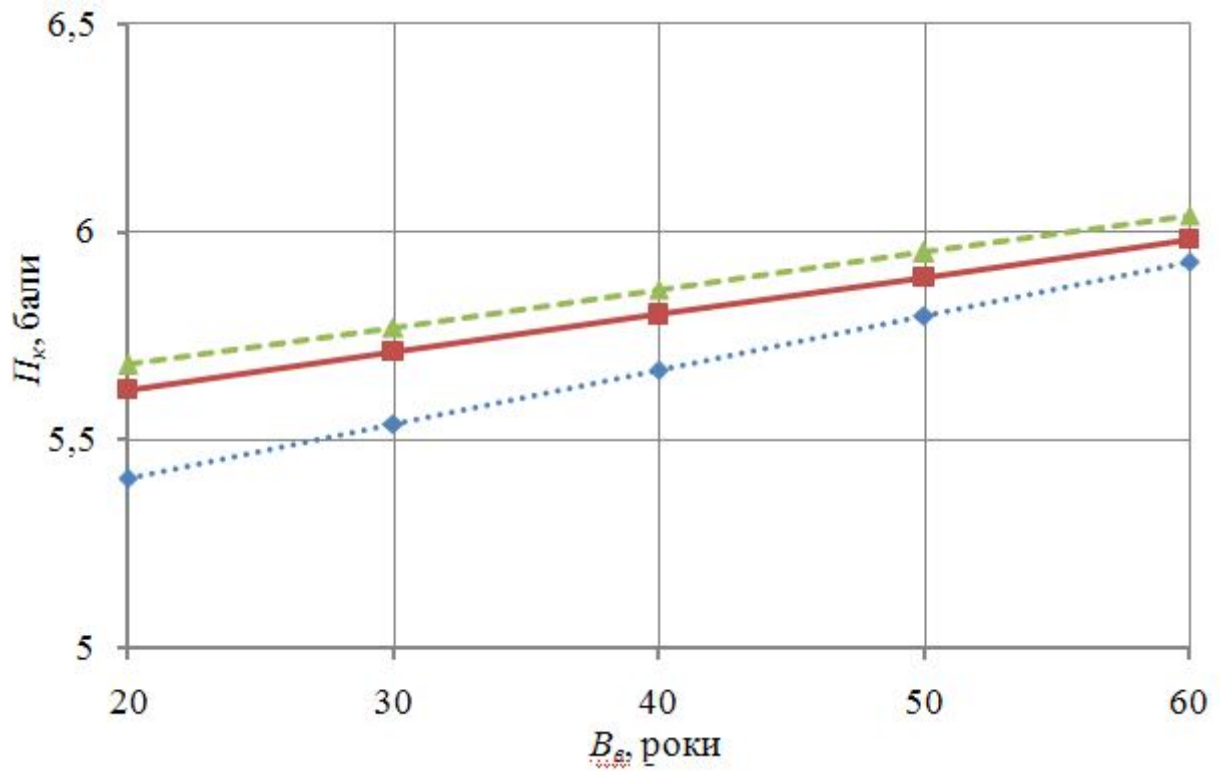


Рисунок 4.36 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 5$ ,  $T_3 = 9$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

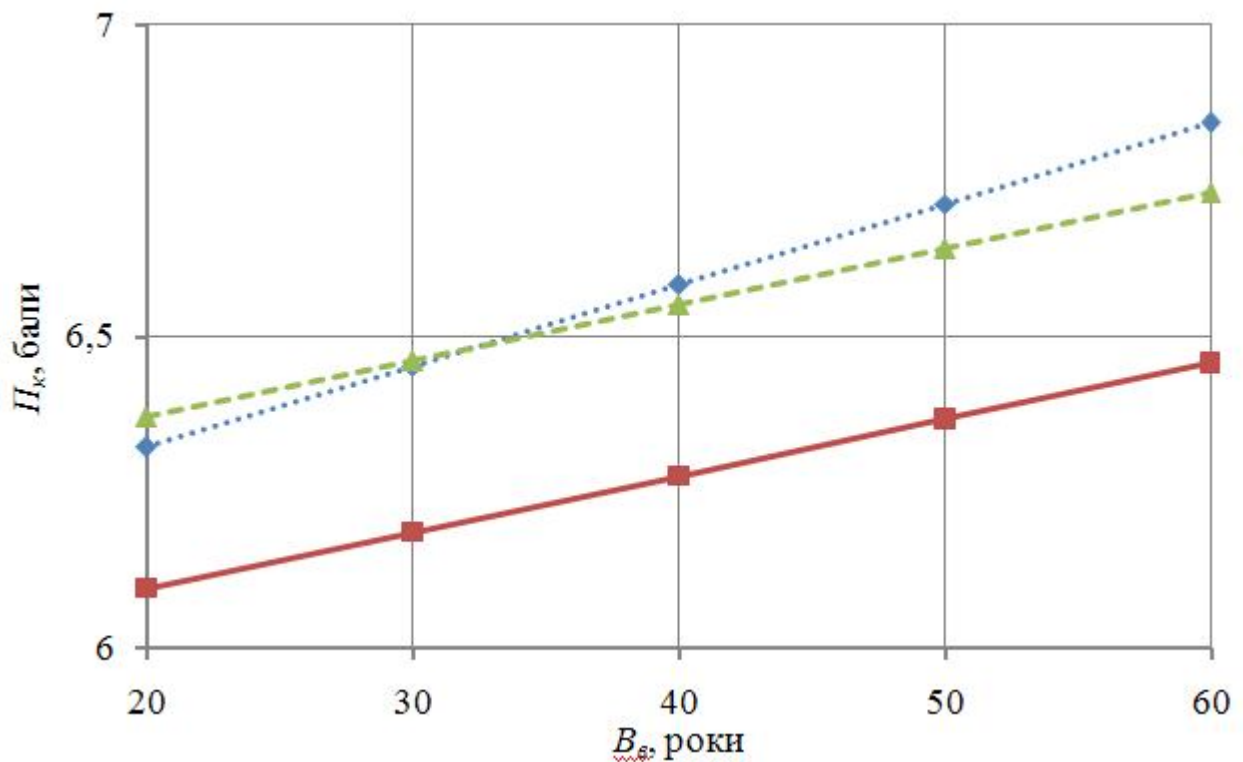


Рисунок 4.37 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 6$ ,  $T_3 = 9$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

Зовсім інше спостерігаємо на рисунках 4.34–4.37. Якщо тривалість затору становить дев'ять хвилин, початкове значення ПАРС дорівнює двом і чотирьом, рівень функційного стану водіїв-холериків вищий, ніж у сангвініків і меланхоліків (рис. 4.34 і 4.35). Якщо початкове значення ПАРС при вході в транспортний затор дорівнює п'яти балам, ситуація змінюється і умови затору найгіршим чином відображаються на стані водія-сангвініка (рис. 4.36).

За умов такого самого затору, якщо тільки значення показника активності регуляторних систем при вході в транспортний затор дорівнює шести балам, функційний стан водіїв змінюється так. Вищий рівень функційного стану водіїв до тридцяти років спостерігається у сангвініків, менший – у меланхоліків і холериків. Серед інших вікових категорій для водіїв-сангвініків і меланхоліків – навпаки (рис. 4.37).

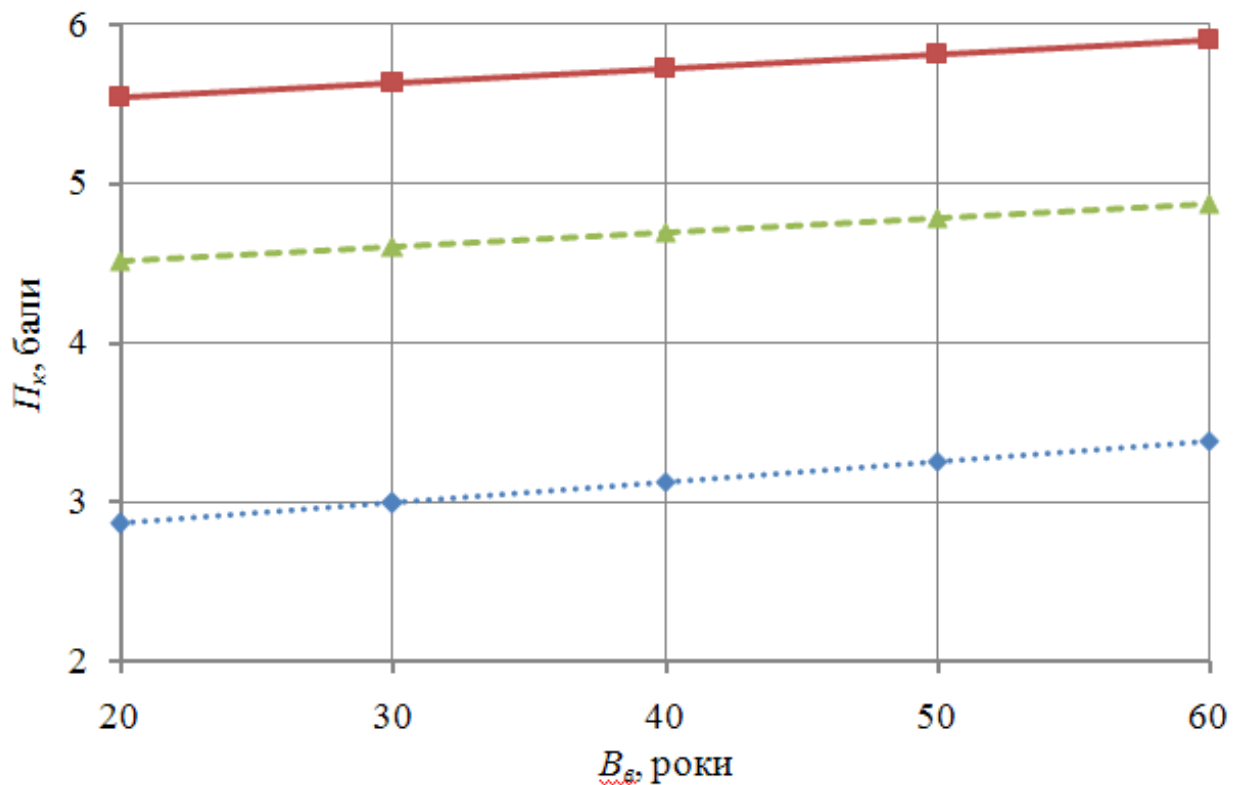


Рисунок 4.38 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ ,  $T_3 = 12$ :

◆ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

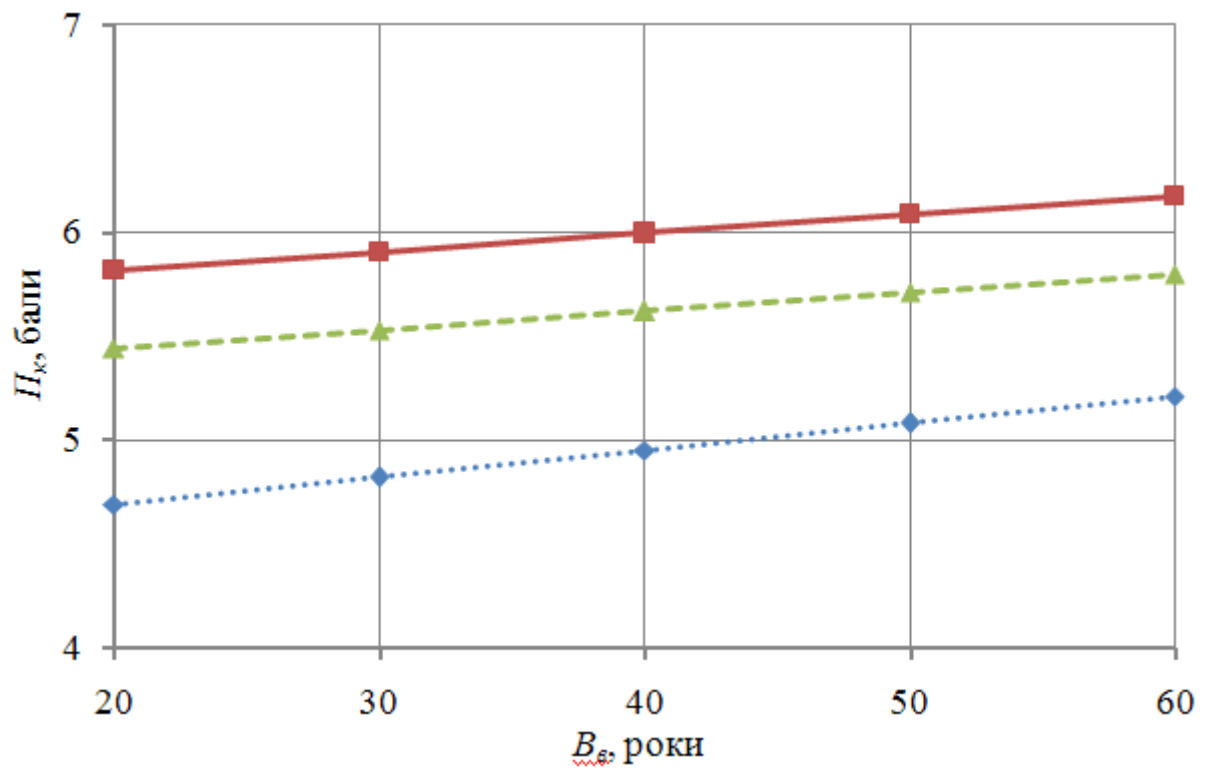


Рисунок 4.39 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 4$ ,  $T_3 = 12$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

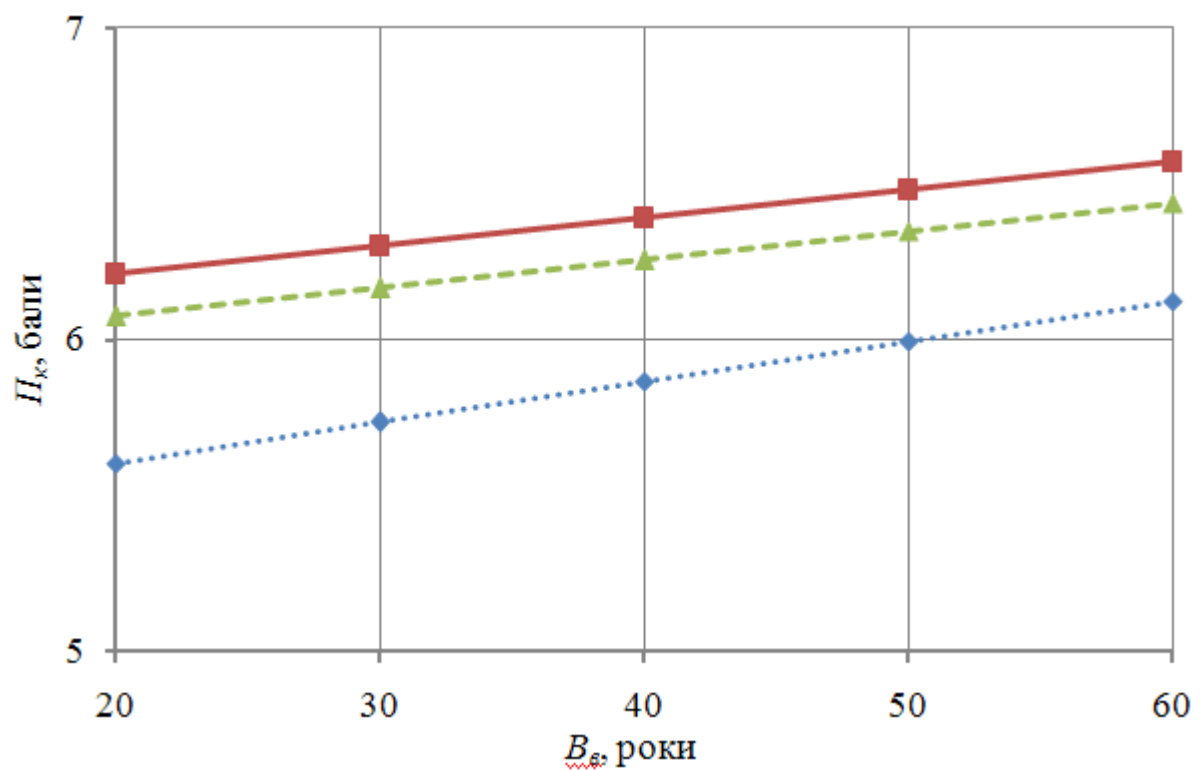


Рисунок 4.40 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 5$ ,  $T_3 = 12$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

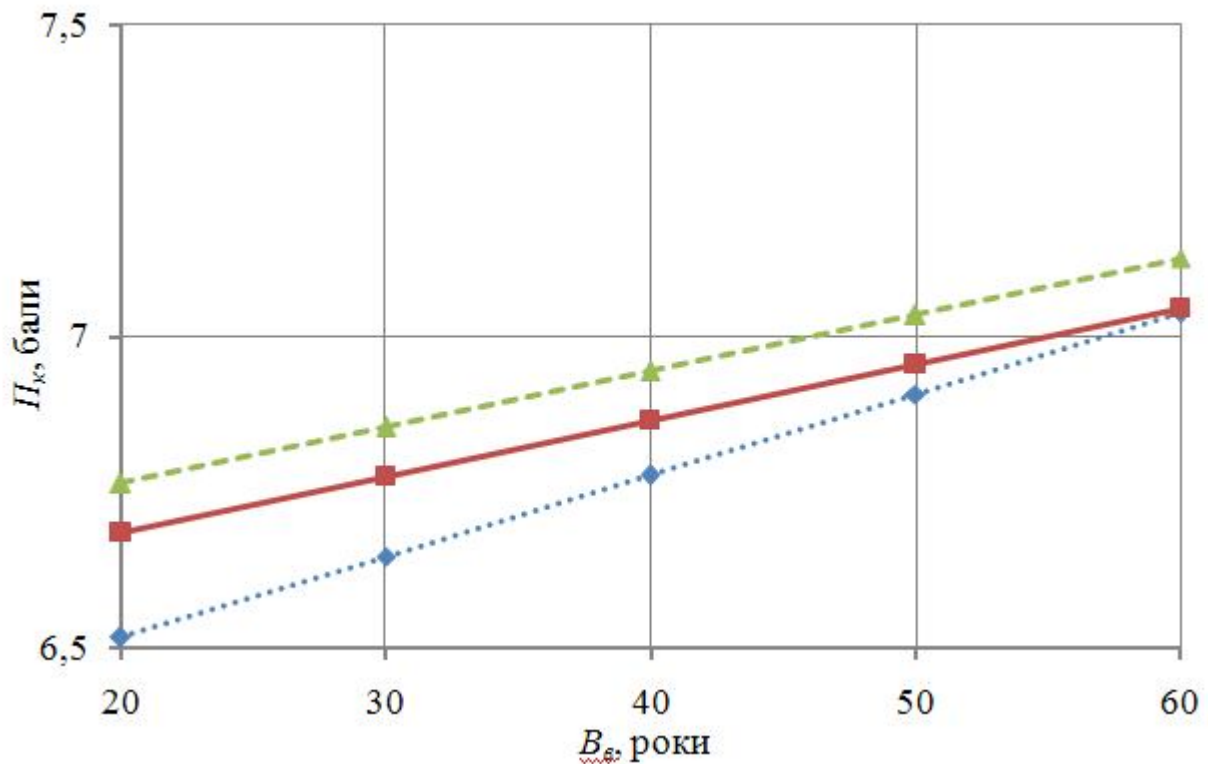


Рисунок 4.41 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 6$ ,  $T_z = 12$ :

···◆·· – Меланхолік. —■— – Холерик. -▲- – Сангвінік

На рисунках 4.38–4.40 функційний стан водіїв різного віку змінюється так само, як і на рисунках 4.34–4.35. Найвищий рівень функційного стану при цьому у водія-холерика, кращий – у сангвініка і меланхоліка відповідно.

Ситуація змінюється, якщо показник активності регуляторних систем при вході в транспортний затор дорівнює шести балам (рис. 4.41). У цьому разі найвищий функційний стан спостерігаємо у водія-сангвініка. Проміжне місце посідає водій-холерик, найнижчий рівень функційного стану – у водія-меланхоліка. Виняток становлять шістдесятирічні водії останніх двох типів темпераментів, у яких рівень функційного стану вирівнюється.



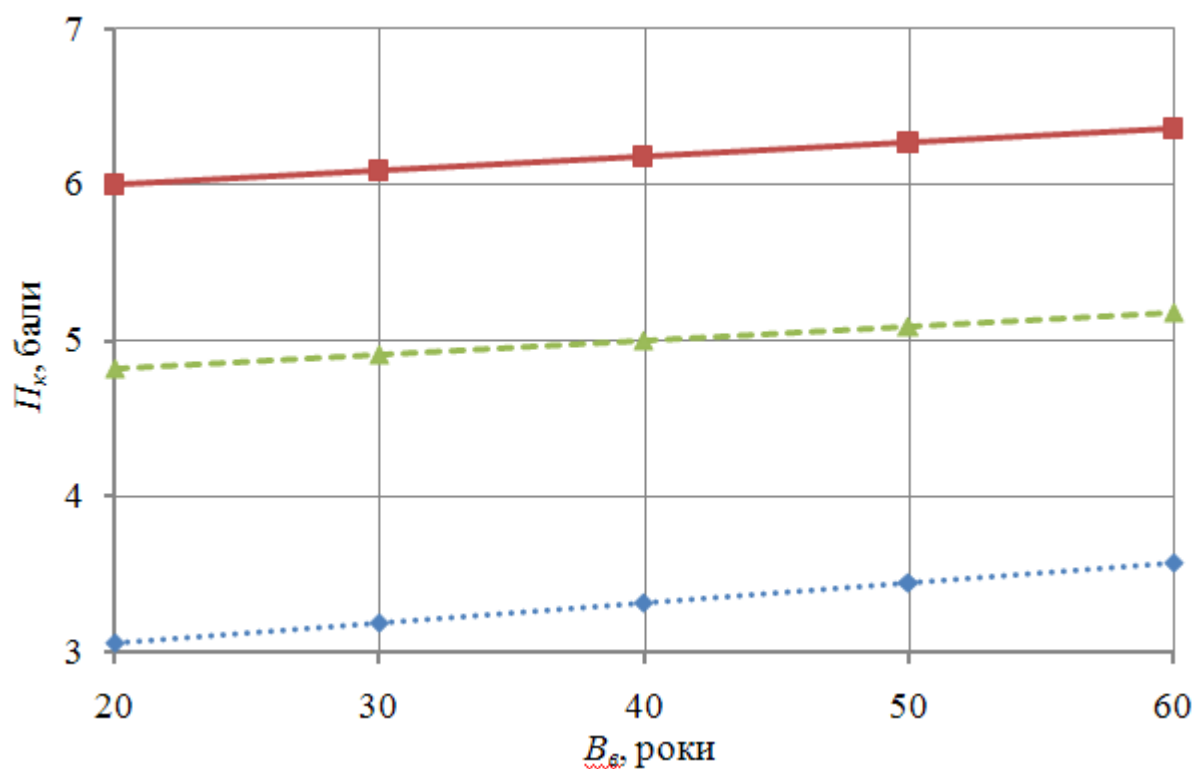


Рисунок 4.42 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 2$ ,  $T_z = 15$ :

♦ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

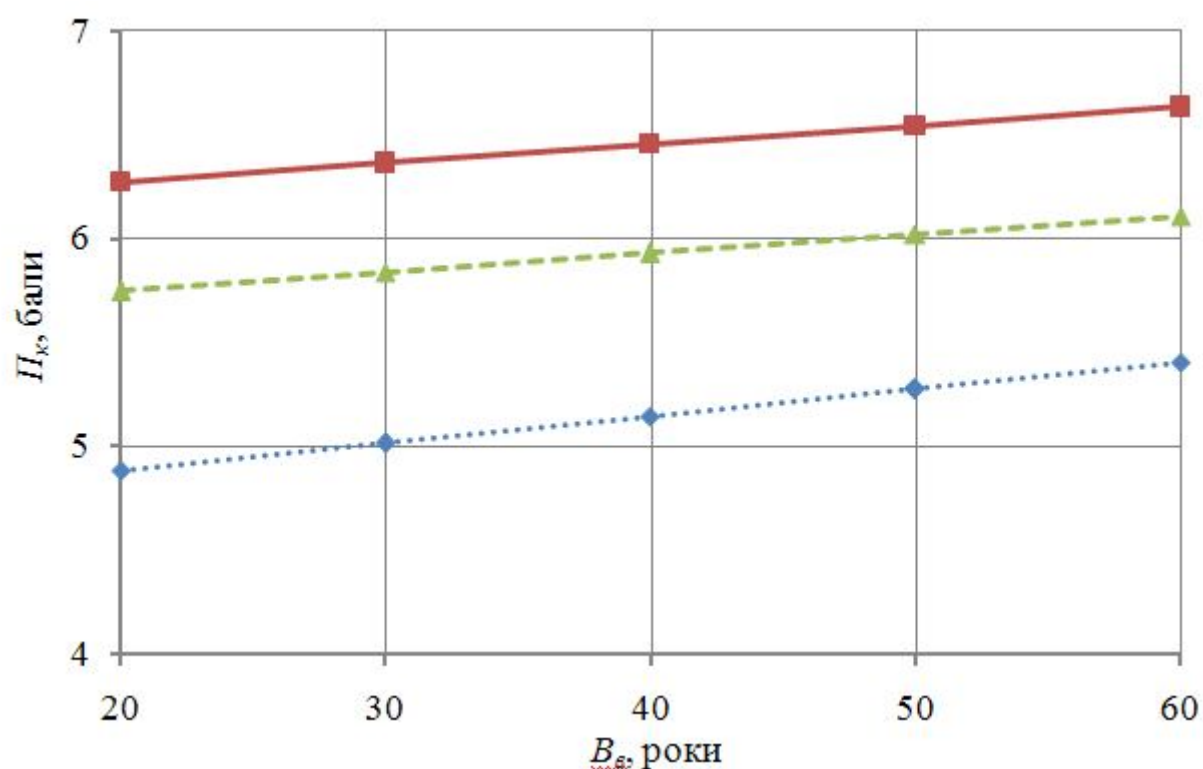


Рисунок 4.43 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 4$ ,  $T_z = 15$ :

♦ – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік

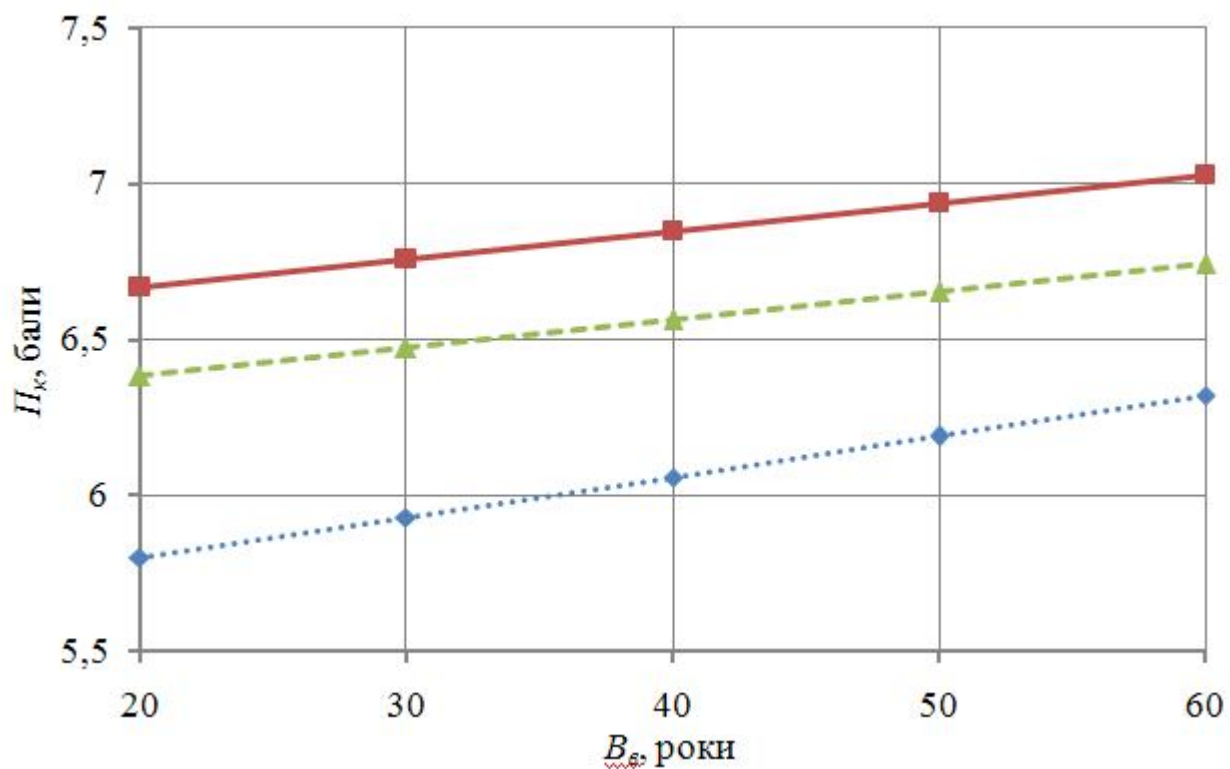


Рисунок 4.44 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 5$ ,  $T_3 = 15$ :

— Меланхолік. — Холерик. — Сангвінік

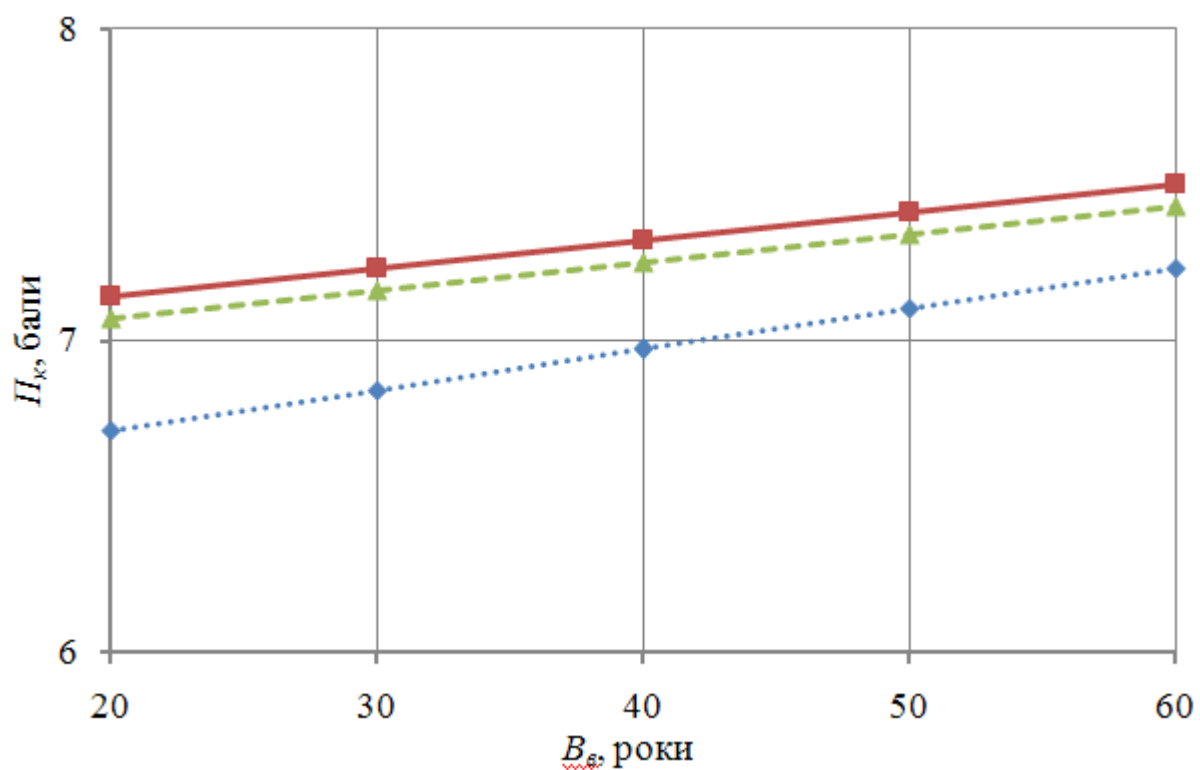


Рисунок 4.45 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $P_n = 6$ ,  $T_3 = 15$ :

— Меланхолік. — Холерик. — Сангвінік

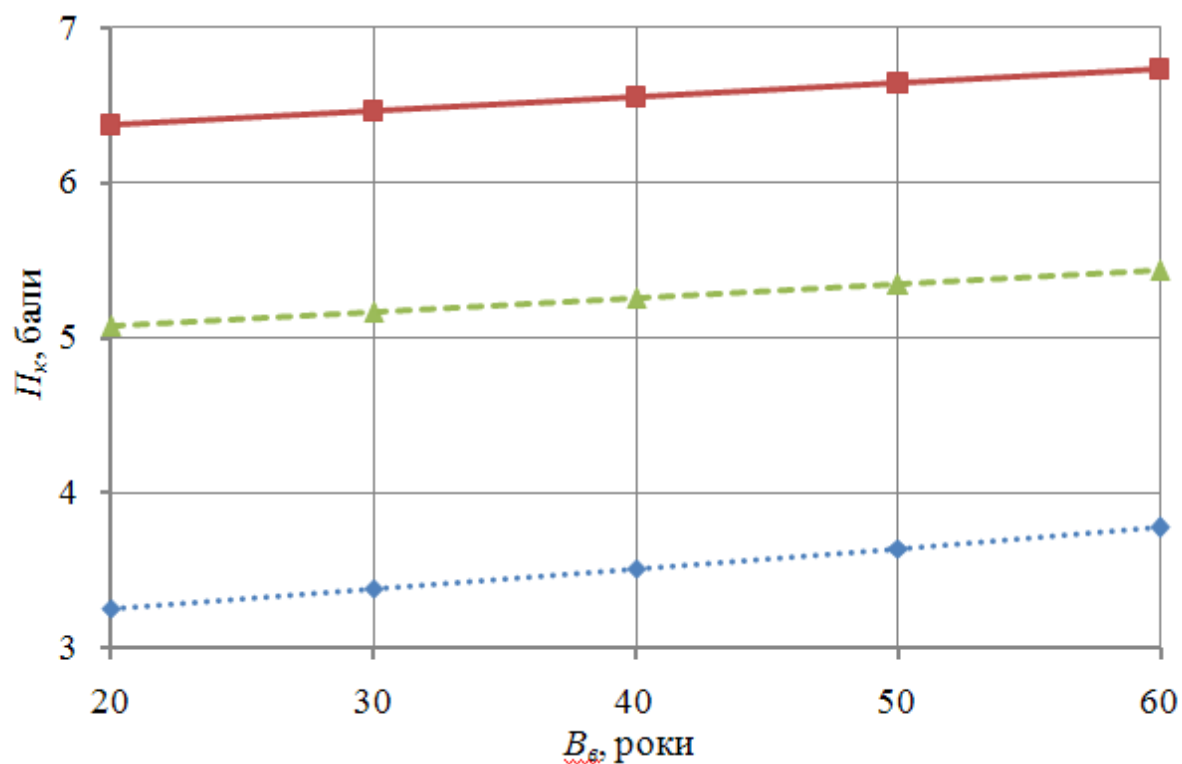


Рисунок 4.46 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ ,  $T_s = 18$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

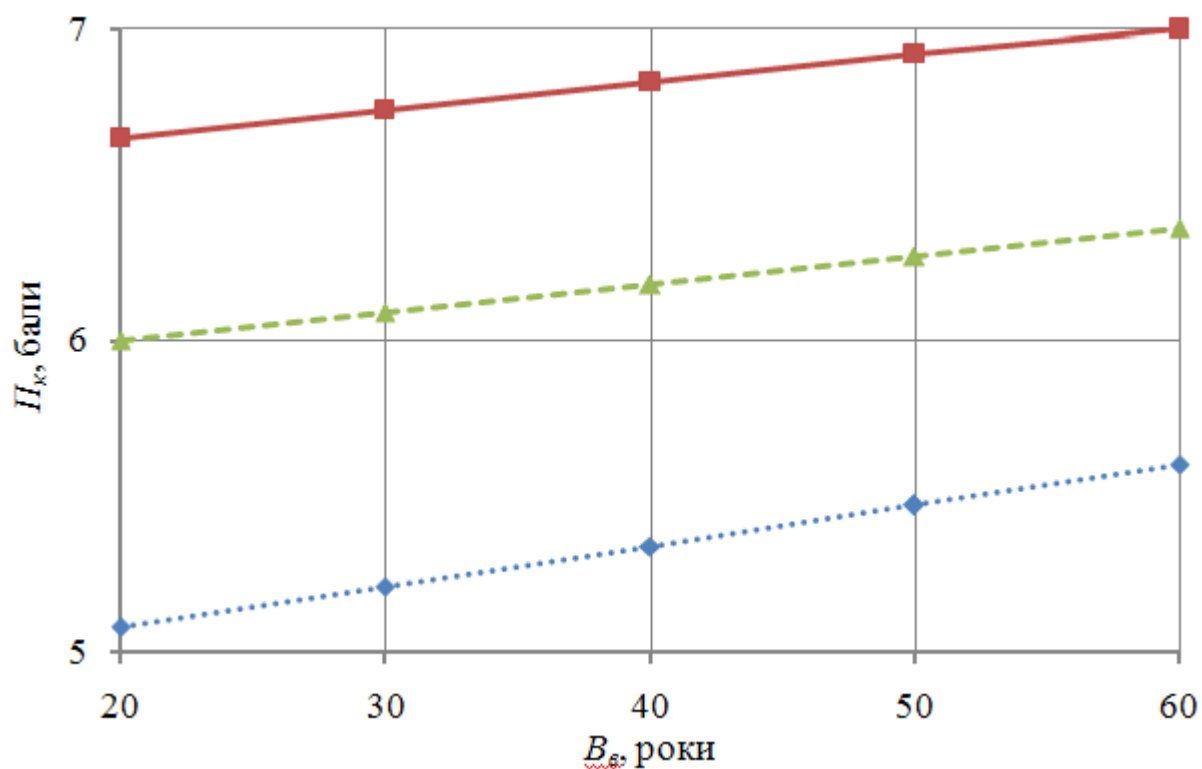


Рисунок 4.47 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ ,  $T_s = 18$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

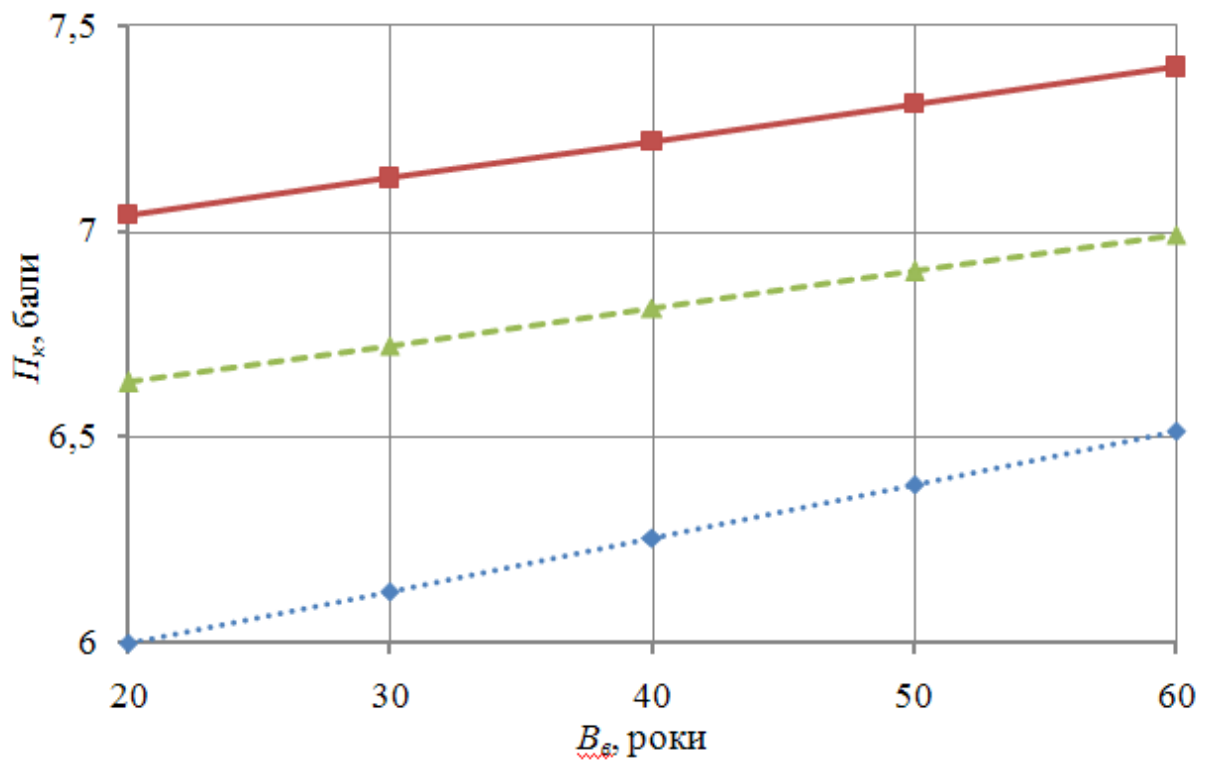


Рисунок 4.48 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 5$ ,  $T_z = 18$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

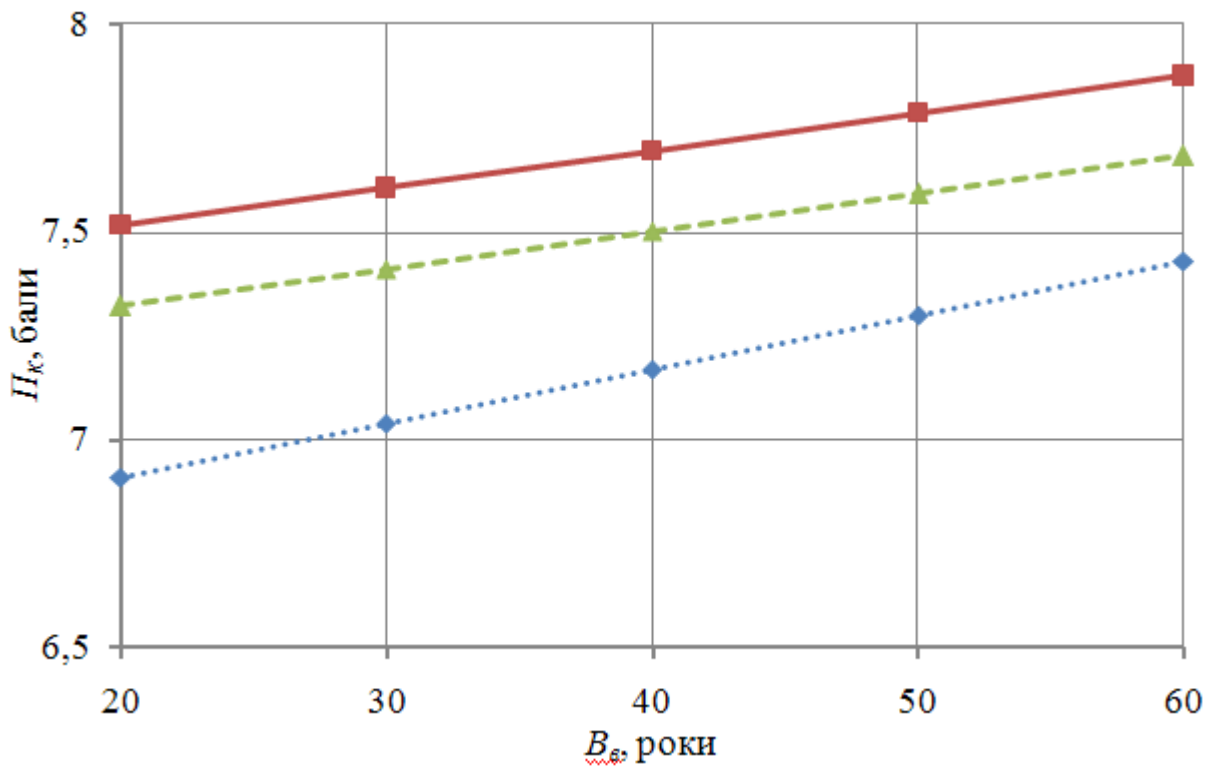


Рисунок 4.49 – Залежність змінювання функційного стану водіїв відповідно до віку у транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$ ,  $T_z = 18$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік

Функційний стан водіїв усіх вікових груп у разі, якщо транспортні затори тривають довго (15–18 хв), змінюється однаково (рис. 4.42–4.49). Рівень функційного стану водіїв-холериків у цих заторах для всіх вікових категорій і за будь-яких початкових значень показника активності регуляторних систем при вході в транспортний затор вищий, ніж у водіїв інших груп. При цьому нижчий рівень спостерігається у водіїв-меланхоліків.

#### 4.5 Висновки до розділу

1. Якщо стан водіїв будь-якого типу темпераменту й віку перед транспортним затором нормальний, подальше перебування в корку призводить до погіршення їхнього функційного стану, крім флегматиків.

2. Функційний стан водіїв-меланхоліків будь-якого віку у заторі поступово погіршується незалежно від того, яким був початковий стан.

3. У сангвініків і холериків усіх вікових категорій початковий стан яких дорівнює чотирьом і вище балам, функційний стан під час перебування в заторі спочатку нормалізується, а потім починає погіршуватися. На змінювання умов транспортного затору більше реагують водії-холерики.

4. У разі, якщо початковий стан водія-сангвініка і водія-холерика будь-якого віку під час перебування в транспортному заторі дорівнює чотирьом балам, функційний стан вирівнюється до шостої хвилини, якщо п'яти – до дев'ятої хвилини, якщо шести – до дванадцятої хвилини.

5. Функційний стан водіїв будь-яких типів темпераменту, крім флегматиків, за будь-якого вихідного стану і тривалості транспортних заторів зі збільшенням віку погіршується. Якщо початковий стан дорівнює п'яти балам і більше, а тривалість затору становить шість хвилин, величина функційного стану водіїв-холериків і водіїв-сангвініків сягає вихідного значення.

## **5 ВПЛИВ ФУНКЦІЙНОГО СТАНУ ВОДІЯ НА ЧАС ЙОГО РЕАКЦІЇ**

### **5.1 Експериментальні дослідження оцінювання часу реакції водія в транспортному заторі**

#### **5.1.1 Вплив транспортного затору на час реакції водія**

Транспортні затори, значно збільшуючи час пересування, спричиняють появу у водіїв тимчасових психофізіологічних розладів, які, зі свого боку, стають причиною того, що водії порушують правила дорожнього руху, перевищуючи швидкість. Перевищення швидкості може призвести до нестачі часу в разі необхідності обрати стратегію поведінки за несподіваної зміни обставин. В умовах дефіциту часу якість роботи водія залежить від швидкості й точності його дій у відповідь на різні подразники дорожнього середовища. Такі дії водія називаються психомоторними або сенсомоторними реакціями [3].

Перебування в транспортному заторі негативно впливає на психофізіологічні якості водія. Зростання емоційної напруженості призводить до тимчасового розладу деяких його психічних функцій, збільшуючи час реакції [18, 67, 382, 383, 417, 418–431].

Час реакції водія обумовлює зупинковий шлях автомобіля під час екстреного гальмування. Загальний час реакції включає час реакції водія, час спрацювання приводу гальм і час дії гальм.

Для визначення часу реакції водія використовувався прилад, розроблений на кафедрі транспортних систем і логістики ХНУМГ імені О. М. Бекетова. Він складається з телескопічної антени, таймера, указки і вмикача світлового сигналу.

Час реакції водія визначався за моментом натискання водієм спеціальною указкою на відповідну ділянку телескопічної антени після подачі сигналу. У момент подачі сигналу вмикався таймер, який зупинявся після дотику указки до антени. Щоб гарантувати безпеку дорожнього руху, зручний момент для визначення часу реакції обирався самим водієм.

Деякі результати досліджень щодо оцінювання часу реакції водіїв наведено на рисунках 5.1 і 5.2. До того ж, щоб визначити, як змінювався час реакції водія в заторі, на рисунках подано час реакції водіїв на початку і в кінці транспортного затору.

На рисунку 5.1 зображено, як змінювався час реакції трьох водіїв у першому транспортному заторі. До того ж різниця часу їхньої реакції ( $\Delta t_p$ ) перед транспортним затором і після нього була такою:  $\Delta t_{p1} = 0,7$  с;  $\Delta t_{p2} = 0,2$  с;  $\Delta t_{p3} = 0,8$  с.

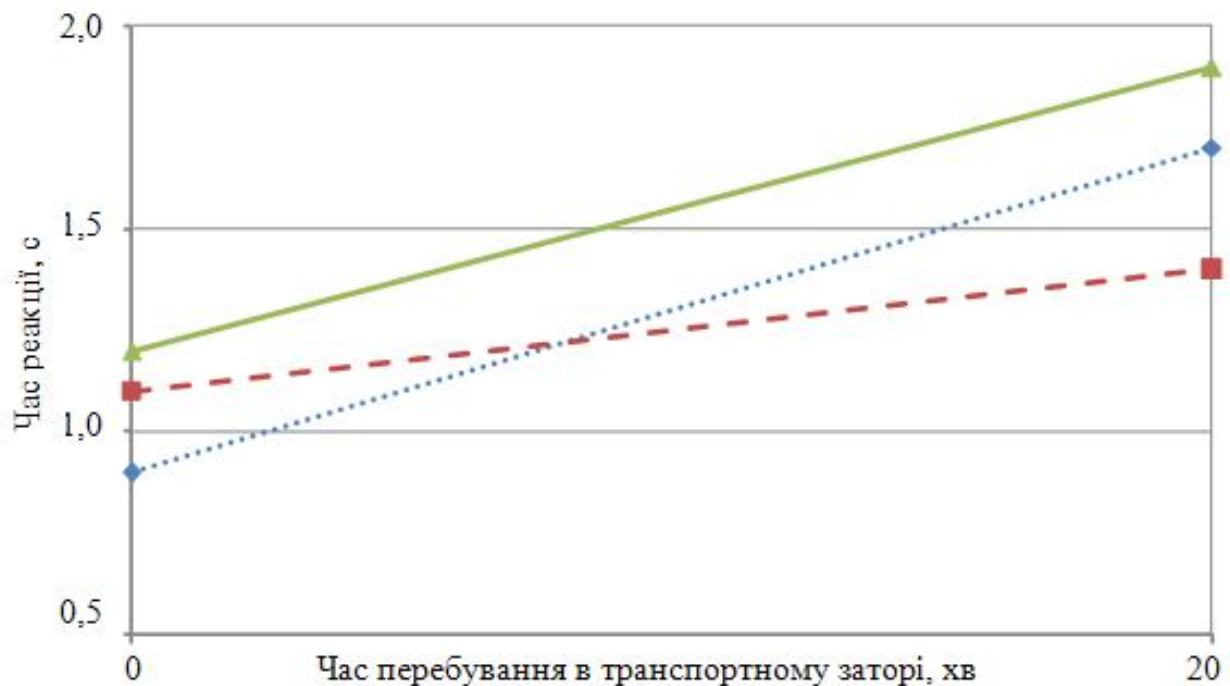


Рисунок 5.1 – Змінювання часу реакції водіїв у період їхнього перебування в першому транспортному заторі:

—▲— – Водій 1. —■— – Водій 2. ....◆.... – Водій 3

На рисунку 5.2 зображено, як змінювався час реакції цих самих водіїв у другому транспортному заторі. Час реакції у них відповідно змінювався так:  $\Delta t_{p1} = 0,8$  с;  $\Delta t_{p2} = 0,7$  с;  $\Delta t_{p3} = 1,1$  с.

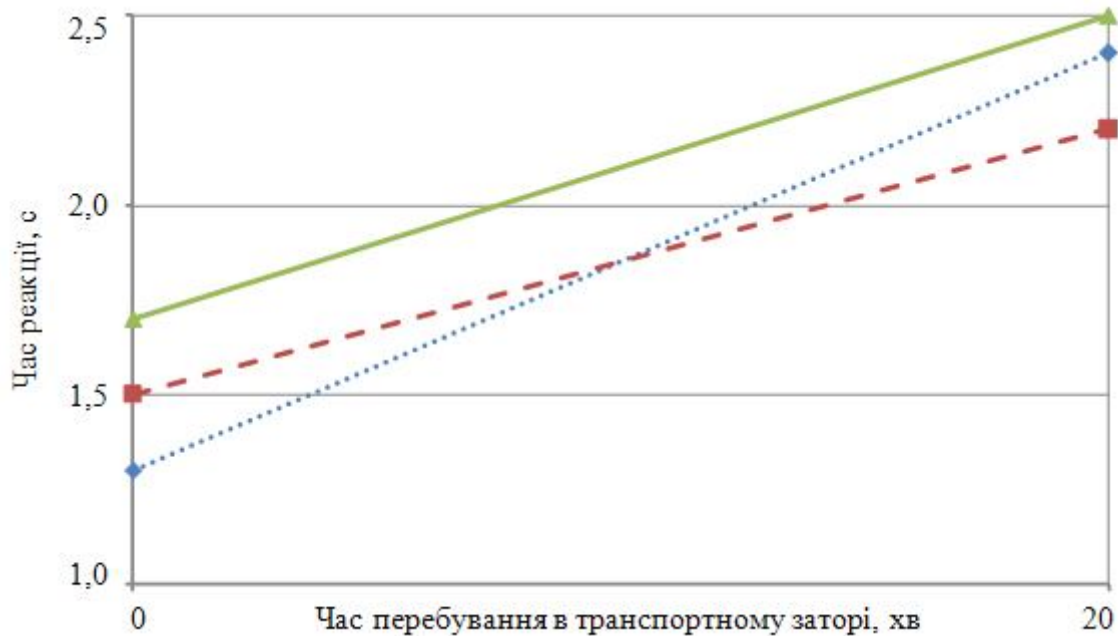


Рисунок 5.2 – Змінювання часу реакції водіїв у період їхнього перебування в другому транспортному заторі:

—▲— Водій 1. —■— Водій 2. —◆— Водій 3

Як зрозуміло з рисунків 5.1 і 5.2, час реакції водіїв після другого транспортного затору, порівняно з першим збільшився. Значення, відповідно, такі: у першого час збільшився на 0,1 с, у другого – на 0,5 с, у третього – на 0,3 с. Збільшення часу реакції водія в разі екстреного гальмування призводить до збільшення гальмівного шляху автомобіля.

Щоб запобігти наїзду на пішохода, особливо якщо він з'явився на дорозі несподівано, важливим є час реакції водія. Дослідження наслідків ДТП довели, що в 70 % випадках шлях автомобіля після наїзду на пішохода не перевищував одного метра. Якщо швидкість автомобіля 50 км/год, скорочення зупинкового шляху на 1–1,5 м призводить до зменшення часу реакції водія на 0,1 с [3].

#### 5.1.2 Вплив функційного стану водія на динамічний габарит автомобіля

Транспортні затори зазвичай виникають у великих і дуже великих містах. Під час перебування в них пасажирів й водії витрачають багато часу, значно збільшується час доставки вантажів.

Транспортні затори спричиняють значне зниження швидкості руху ( $v$ ), аж до нуля. Це обумовлено перенасиченням деяких ділянок вулично-дорожньої мережі транспортними потоками.



Зі збільшенням щільності потоку ( $\lambda$ ) інтенсивність руху ( $N$ ) зростає доти, поки не стане такого самого, як максимальна пропускна здатність дороги ( $P_{max}$ ). Цей процес продовжується доти, поки щільність потоку не досягне максимального значення, тобто не стане однаковою із щільністю затору.

У звичайних дорожніх умовах, коли швидкість руху не обмежена ні геометричними елементами, ні станом проїжджої частини дороги, швидкість потоку може бути більшою за оптимальну, але меншою, ніж швидкість вільного руху. Вимушене зменшення швидкості ( $v < v_0$ ) або вимушене збільшення щільності ( $\lambda > \lambda_0$ ) призводить до зниження пропускної здатності від  $P_{max}$  до  $P$  і до утворення черг і заторів на інших ділянках дороги.

Регулярність заторів обумовлюється недостатньою видимістю, зменшенням кількості смуг руху та іншими обмеженнями дорожнього руху. Регулярні затори виникають також на прилеглих дорогах, якщо потік автомобілів, що надходить з цих доріг, настільки великий, що спричиняє змінювання характеристик потоку в правій області діаграми, а отже, відображає особливості цієї ділянки дороги.

Максимальну пропускну здатність дороги визначають на підставі аналізу базового рівняння транспортного потоку [5, 10, 14]:

$$N = \lambda v. \quad (5.1)$$

Якщо відстань між передніми бамперами послідовно рухомих автомобілів  $L$  (м), а швидкість  $v$  (м/с), кількість автомобілів, що пройшли через перетин за одну годину, тобто пропускна здатність смуги руху

$$P = \frac{3600v}{L}. \quad (5.2)$$

Відрізок дороги  $L$ , який автомобіль займає під час руху, називається його динамічним габаритом і включає в себе його довжину  $l_a$ , шлях реакції водія  $vt$  ( $t$  – час реакції), шлях гальмування  $S_T$  і зазор безпеки  $l_0$  до переднього автомобіля:

$$L = vt + S_T + l_a + l_0. \quad (5.3)$$

Як зрозуміло із залежності (5.3), динамічний габарит автомобіля залежить від швидкості, часу реакції і гальмівного шляху. Зі збільшенням швидкості автомобіля збільшується його динамічний габарит.

Якщо припустити, що швидкість автомобіля не змінюється і, відповідно, не змінюється і гальмівний шлях, то на змінювання динамічного габариту впливає тільки час реакції водія. Перебування водія в транспортному заторі призводить до зростання його емоційного напруження і, відповідно, до збільшення часу його реакції. Перебування в другому або в наступних заторах призводить до подальшого зростання психоемоційного напруження і збільшення часу реакції.

Динамічний габарит автомобіля за залежністю (5.3), у разі змінювання часу реакції водія від 0,1 с до 0,5 с розраховують так. Припустимо, що автомобіль рухається з постійною швидкістю 60 км/год, яка еквівалентна 16,7 м/с. Тоді значення  $S_T$  теж залишається постійним. Нехай сума  $S_T$ ,  $l_a$  і  $l_0$  становить 20 м, а латентний період часу реакції водія ( $t_{лр}$ ) до транспортного затору дорівнює 1 с. Тоді

$$L = 16,7 \cdot 1 + 20 = 36,7 \text{ м.}$$

Збільшення  $t_{лр}$  на 0,1с призводить до змінювання динамічного габариту:

$$L_1 = 16,7 \cdot 1,1 + 20 = 38,37 \text{ м.}$$

Відповідно, якщо  $t_{лр}$  дорівнює 1,2; 1,3; 1,4 і 1,5 с, динамічний габарит автомобіля зміниться так:

$$L_2 = 16,7 \cdot 1,2 + 20 = 40,04 \text{ м;}$$

$$L_3 = 16,7 \cdot 1,3 + 20 = 41,71 \text{ м;}$$

$$L_4 = 16,7 \cdot 1,4 + 20 = 43,38 \text{ м;}$$

$$L_5 = 16,7 \cdot 1,5 + 20 = 45,05 \text{ м.}$$

За наведеними розрахунками зрозуміло, що збільшення  $t_{лр}$  на 0,1 с призводить до збільшення динамічного габариту автомобіля на 1,67 м; 0,2 с – на 3,34 м; 0,3 с – на 5,01 м; 0,4 с – на 6,68 м; 0,5 с – на 8,35 м. Якщо відстань безпеки  $l_0$  дорівнює 5 м, то збільшення  $t_{лр}$  на 0,3 с і більше призводить до зіткнення з переднім автомобілем, оскільки змінювання динамічного габариту автомобіля в цьому разі перевищує 5 м. Це означає, що водій, вийшовши з транспортного затору і зберігаючи останній динамічний габарит, може допустити вчинення дорожньо-транспортної пригоди.

### 5.1.3 Регресійна модель впливу функційного стану водія на час його реакції

Щоб скласти математичну модель впливу транспортного затору на функційний стан водія і на час його реакції, було проведено відповідні дослідження. Одночасно вимірювали функційний стан і час реакції водіїв до транспортного затору, в період перебування в транспортному заторі і після нього.

Під час розроблення моделі було використано відомі методи статистики й регресійного аналізу.

Розроблена модель має такий вигляд:

$$\Delta T_p = 0,029 + 0,022(P_k - P_n)^2, \quad (5.4)$$

де  $\Delta T_p$  – змінювання часу реакції водія, с;

$P_k$  – ПАРС при виході із транспортного затору, бали;

$P_n$  – ПАРС при вході в транспортний затор, бали.

Результати розрахування параметрів моделі наведено в таблицях 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1 – Характеристика моделі змінювання часу реакції водія залежно від змінювання його функційного стану після перебування в транспортному заторі

Параметри	Позначення, розмірність	Границі вимірювань	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стьюдента	
					Розрахунковий	Табличний
Коефіцієнт	—	—	0,029	0,001	30,6	2,0
Різниця між ПАРС при виході з транспортного затору і вході, зведена в квадрат	$(P_k - P_n)^2$ , бали	0,01–13,69	0,022	0,0001	130,1	2,0

Таблиця 5.2 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
Коефіцієнт	0,027	0,031
Різниця між ПАРС при виході з транспортного затору і вході, зведена в квадрат	0,996	1,138

З таблиць 5.1 і 5.2 зрозуміло, що в розробленій математичній моделі значущими виявилися коефіцієнт і різниця між ПАРС при виході і вході з транспортного затору, зведена в квадрат. Про їхню значущість свідчить перевищення розрахункового значення критерію Стюдента над табличним і відсутність нуля в довірчих інтервалах коефіцієнтів.

Результати статистичного оцінювання моделі подано в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати статистичного оцінювання моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: розрахунковий	16 941,00
Коефіцієнт множинної кореляції	0,98
Середня похибка апроксимації, %	6,51

Перевищення розрахункового значення критерію Фішера над табличним, що дорівнює 1,36, свідчить про високу інформаційну здатність моделі. Значення коефіцієнта множинної кореляції, що дорівнює 0,98, свідчить про велику щільність зв'язків між включеними в модель факторами і функцією.

Адекватність розробленої моделі оцінювалася за показником середньої похибки апроксимації, який дорівнює 6,51 %. Ця похибка є допустимою, а розроблену модель можна застосовувати для визначення змінювання часу реакції водія після його перебування в транспортному заторі.

## 5.2 Змінювання часу реакції водіїв із різним темпераментом у транспортному заторі

На функційний стан водія і, відповідно, на час його реакції істотно впливають індивідуально-типологічні властивості й темперамент.

Для проведення досліджень щодо оцінювання впливу транспортного затору на час реакції були відібрані водії з різними темпераментами: холерик, сангвінік і меланхолік.

Результати деяких досліджень щодо оцінювання впливу транспортного затору на час реакції водія наведено на рисунку 5.3.

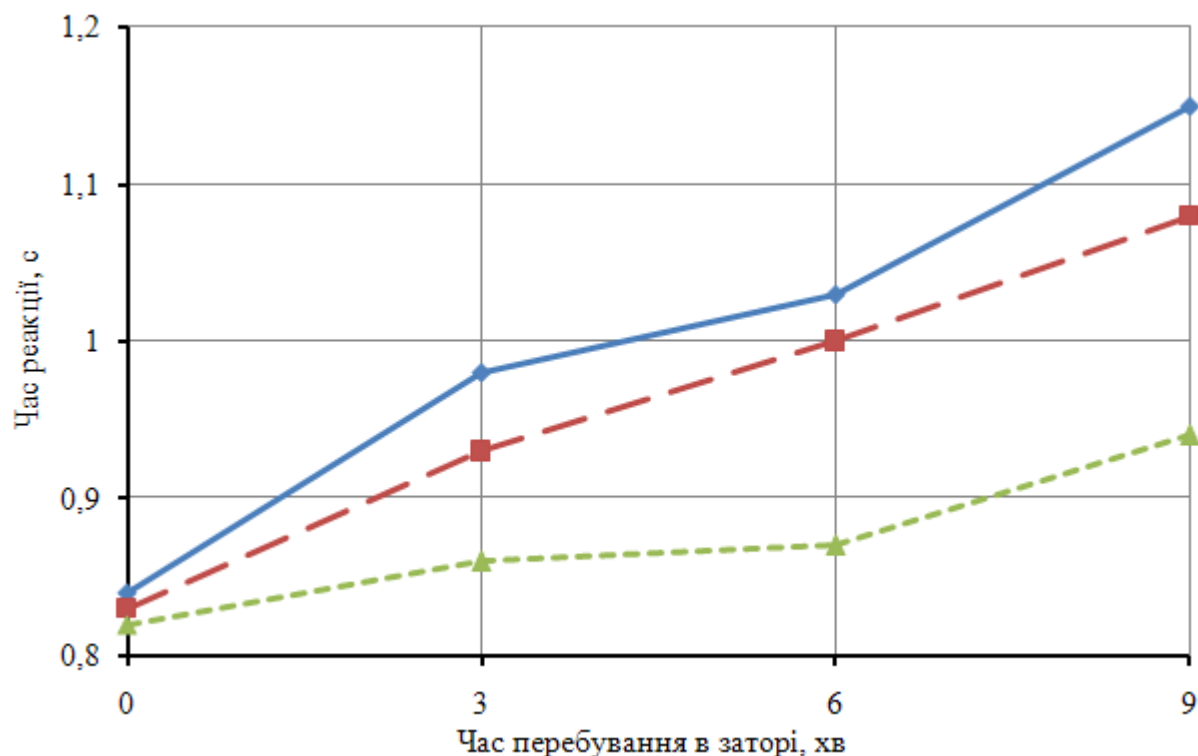


Рисунок 5.3 – Змінювання часу реакції водіїв із різними темпераментами під час перебування в транспортному заторі:

—●— Холерик. —■— Сангвінік. —▲— Меланхолік

Як зрозуміло з рисунка 5.3, перебування в транспортному заторі найбільше збільшує час реакції водія-холерика. Найменше змінюється час реакції у водія-меланхоліка.

Також було проведено дослідження щодо визначення часу реакції водіїв із різним темпераментом під час перебування в заторі і після нього. Для оцінювання впливу транспортного затору на час реакції водія також було відібрано водіїв із різними темпераментами: холерик, сангвінік і меланхолік. Результати досліджень наведено на рисунку 5.4.

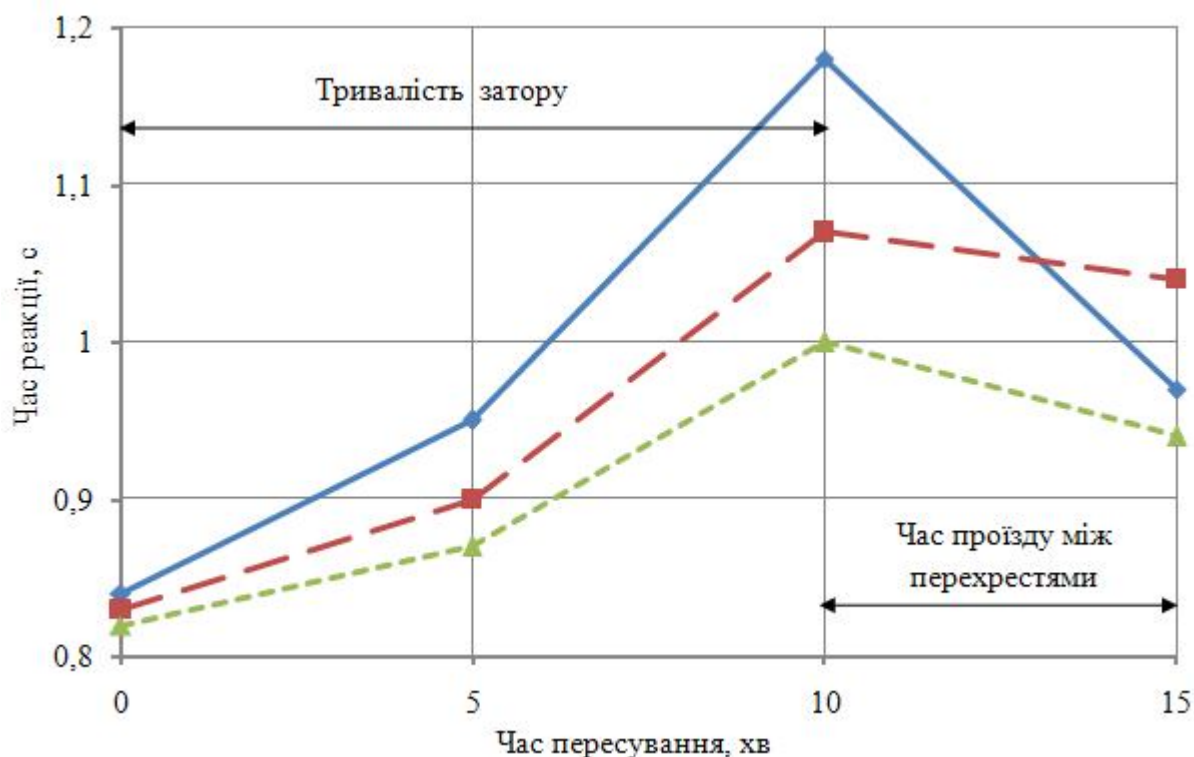


Рисунок 5.4 – Змінювання часу реакції водіїв із різними темпераментами під час перебування в транспортному заторі і після виходу з нього:

—●— Холерик. —■— Сангвінік. —▲— Меланхолік

Як зрозуміло з рисунка 5.4, перебування в транспортному заторі найбільше збільшує час реакції водія-холерика: від 0,8 с до 1,18 с. Проміжне місце щодо змінювання часу реакції посідає водій-сангвінік, час реакції якого зростає з 0,8 с до 1,07 с. Найменше змінюється час реакції у водія-меланхоліка – з 0,8 с до 1,0 с.

Після виїзду з транспортного затору час реакції водія-холерика починає стабілізуватися значно швидше, ніж у представників інших темпераментів, знижуючись до 0,97 с. Час реакції водія-сангвініка відповідно знижується до 1,04 с, а у меланхоліка – до 0,94 с.

Однак, якщо простежити за тенденцією зменшення часу реакції усіх водіїв (рис. 5.4), то стане зрозумілим, що в разі подальшої стабілізації час реакції водія-холерика буде найменшим, а водія-сангвініка – найбільшим. Відповідно, з погляду безпеки руху, перший відрізок шляху після виходу з транспортного затору є найнебезпечнішим щодо ймовірності скоєння ДТП.

На рисунках 5.5–5.24 наведено результати досліджень змінювання часу реакції водіїв різного темпераменту й віку у транспортних заторах.

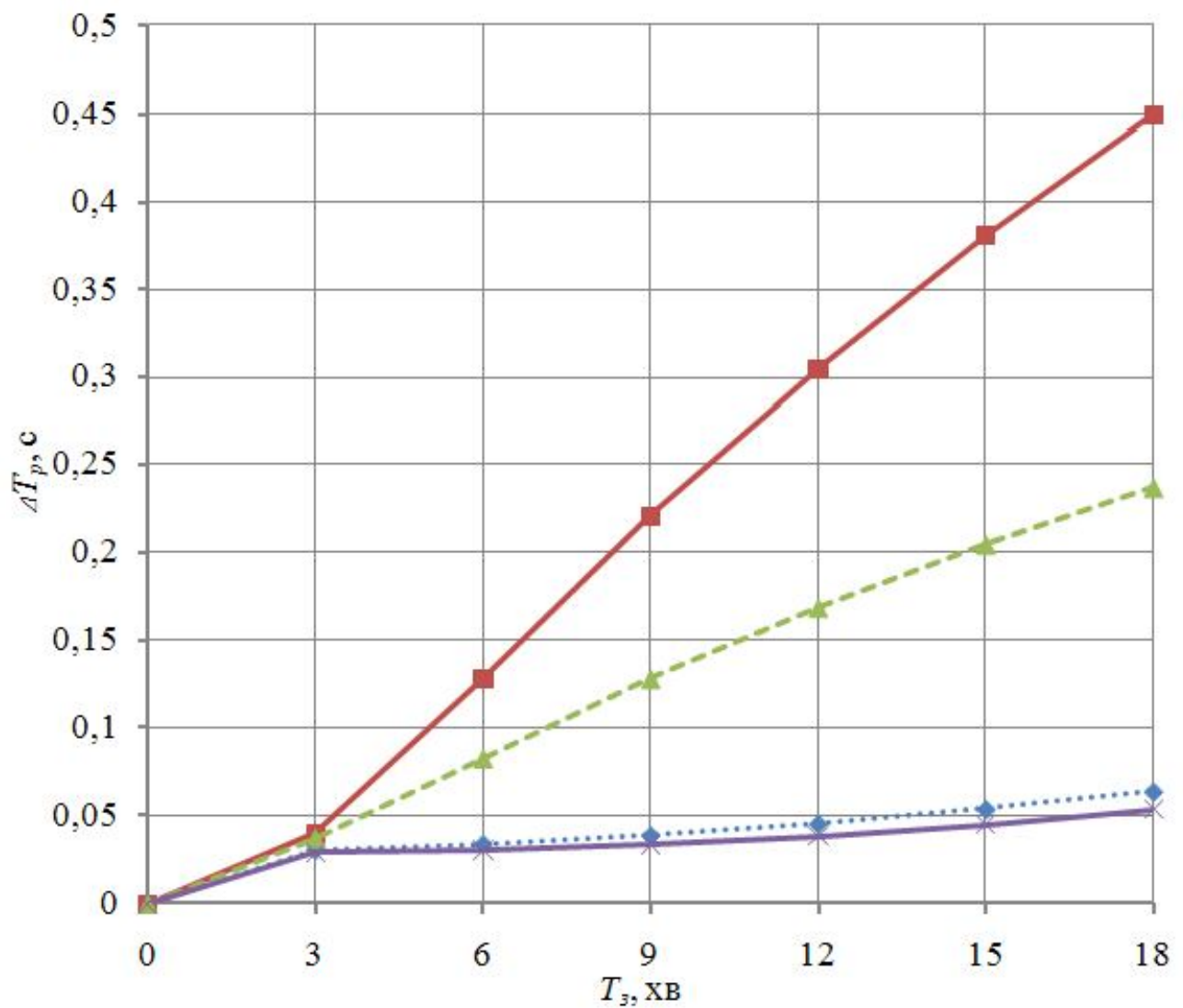


Рисунок 5.5 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ :

...♦... – Меланхолік.    ■ – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    -×- – Флегматик

Як зрозуміло з рисунка 5.5, при  $\Pi_n = 2$  бали в транспортному заторі час реакції збільшується у водіїв двох темпераментів – холерика і сангвініка. До кінця транспортного затору відповідне змінювання часу реакції у них буде таким: у водія-холерика – 0,45 с, у водія-сангвініка – 0.24 с.

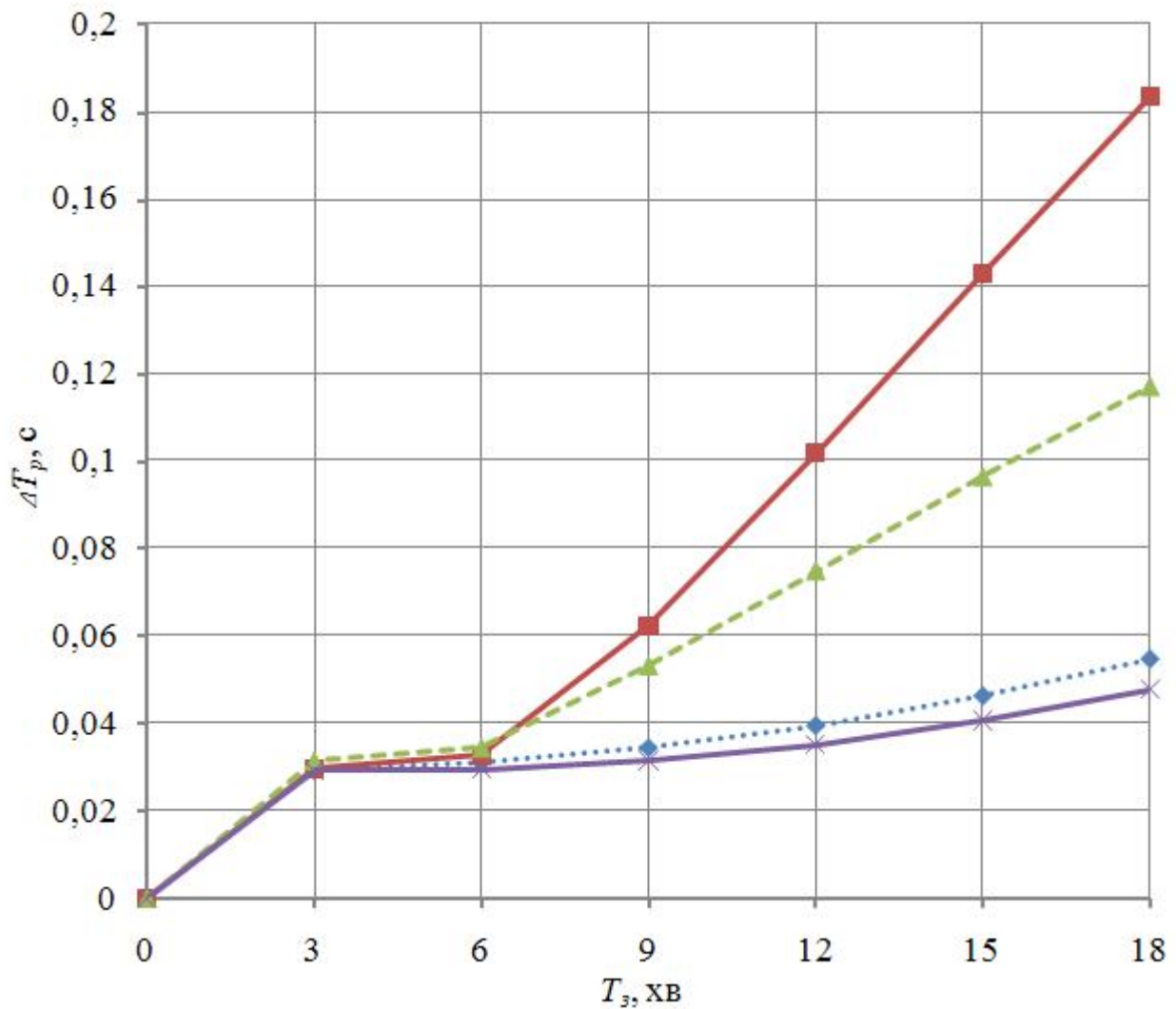


Рисунок 5.6 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ :  
 ●—●— Меланхолік. ■—■— Холерик. ▲—▲— Сангвінік. ×—×— Флегматик

Отже, транспортний затор у разі звичайного вихідного стану водія негативно впливає на його функційний стан, таким чином підвищуючи час його реакції.

Змінювання часу реакції водія-меланхоліка і водія-флегматика є незначною.

Так само змінюється час реакції при  $\Pi_n = 2$  бали у водіїв, старших за віком (рис. 5.13, 5.17, 5.21).



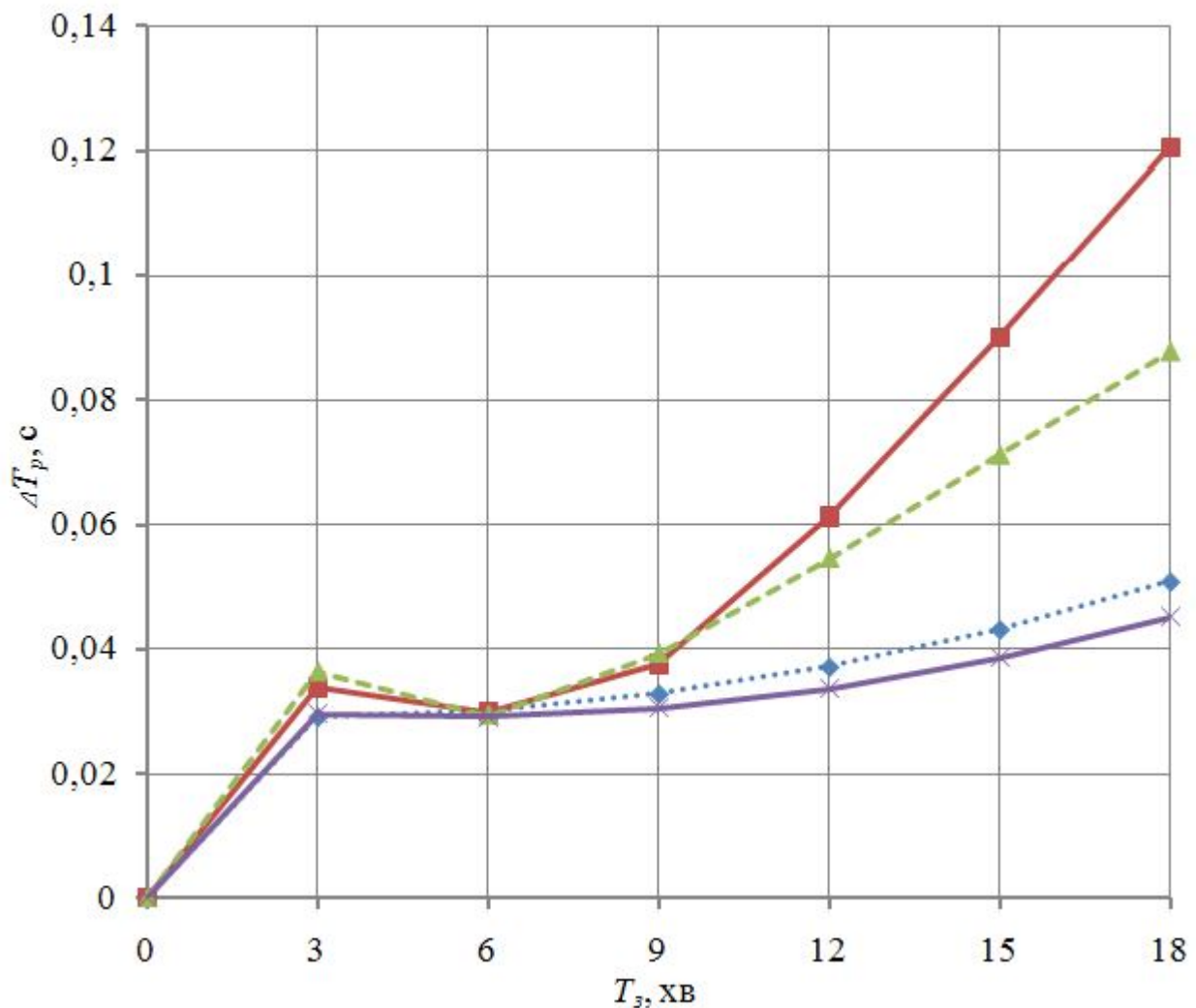


Рисунок 5.7 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $I_{пн} = 5$ :

.....♦ – Меланхолік.    —■– Холерик.    .....▲ – Сангвінік.    —×– Флегматик

При  $I_{пн} = 4$  бали час реакції водіїв двадцяти років із різним темпераментом змінюється так (рис. 5.6). До шостої хвилини затору час реакції водіїв усіх темпераментів змінюється однаково й незначно. Далі він збільшується: у холерика – на 0,2 с, у сангвініка – на 0,12 с, у водіїв інших темпераментів – на 0,05 с.

Якщо показник активності регуляторних систем на початку транспортного затору становить п'ять балів, то у двадцятирічних водіїв час реакції в заторі буде змінюватися так (рис. 5.7): у водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини затору час реакції трохи збільшиться, далі до шостої хвилини буде відбуватися деяке зниження часу реакції у водія-холерика і водія-сангвініка. Потім час реакції у них зросте і відповідне змінювання цього часу у холерика буде становити 0,12 с, а у сангвініка – 0,09 с.

Час реакції водія-меланхоліка і водія-флегматика поступово збільшиться, а змінювання часу реакції у них до кінця затору буде дорівнювати 0,05 с.

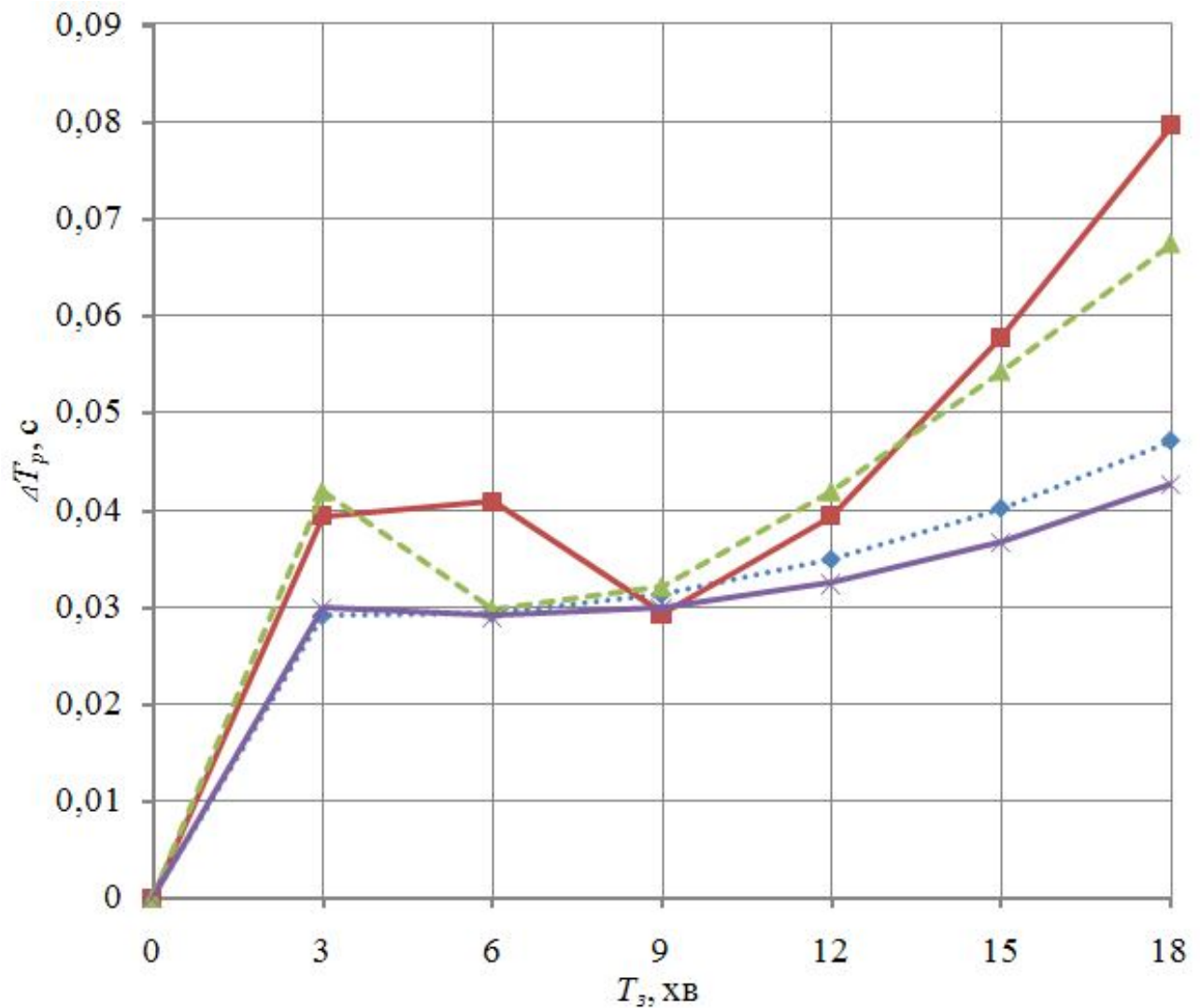


Рисунок 5.8 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 20 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$ :

.....♦ – Меланхолік.    —■– Холерик.    .....▲ – Сангвінік.    —×– Флегматик

Динаміку змінювання часу реакції молодих водіїв усіх темпераментів у транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$  балів подано на рисунку 5.8.

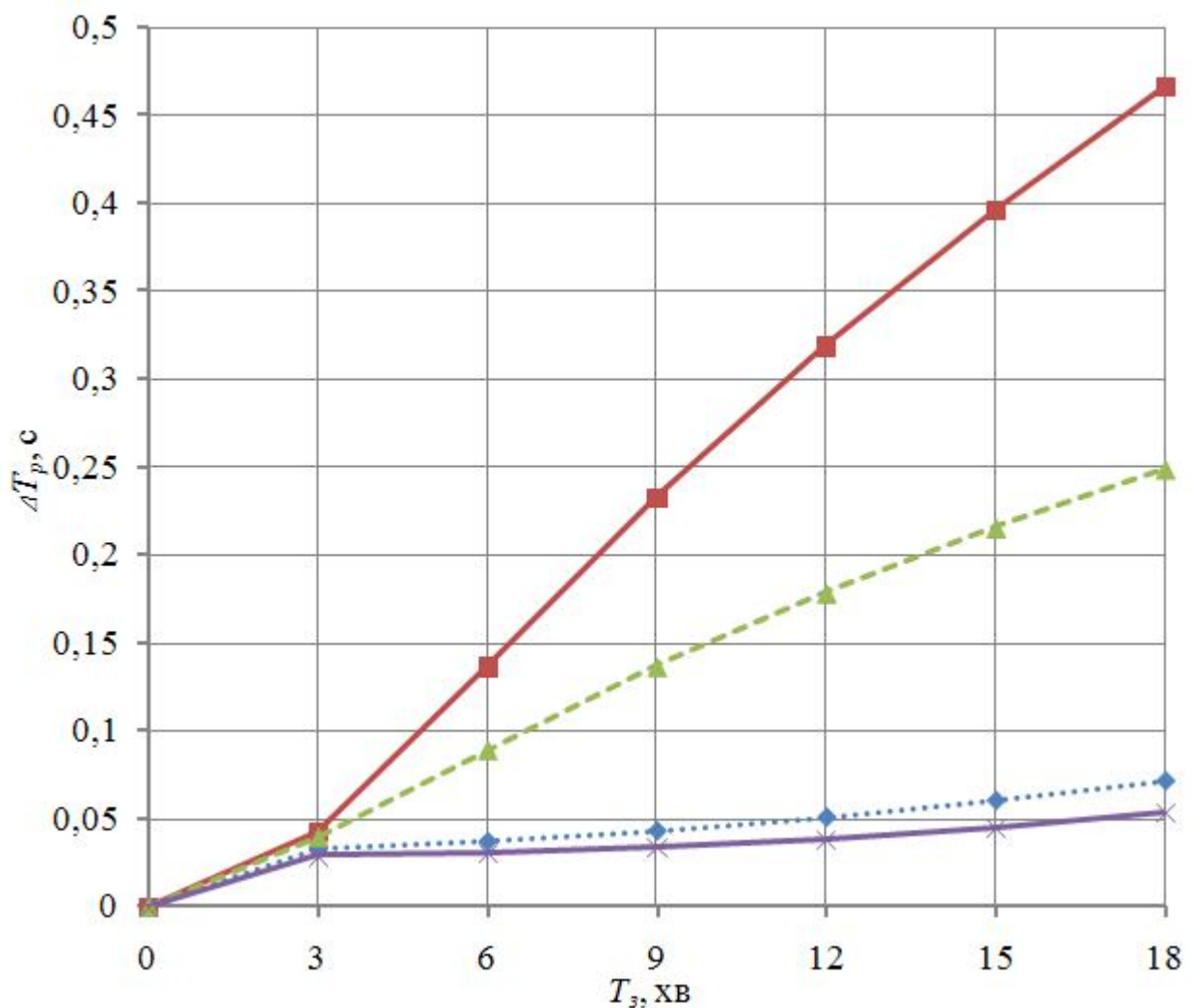


Рисунок 5.9 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ :

····· – Меланхолік. —■— – Холерик. -▲- – Сангвінік. —×— – Флегматик

Час реакції водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини затору трохи збільшується, до шостої хвилини дещо знижується час реакції водія-сангвініка. Таке зниження спостерігається у водія-холерика з шостої до дев'ятої хвилини. Потім час реакції у водіїв усіх темпераментів зростає і відповідне змінювання цього часу у холерика буде становити 0,08 с, а у сангвініка – 0,07 с. Час реакції водія-меланхоліка і водія-флегматика поступово збільшується, а змінювання часу реакції у них до кінця затору дорівнює 0,04 с.

Як зрозуміло з рисунка 5.9, при  $\Pi_n = 2$  бали часу реакції в транспортному заторі збільшується у водіїв усіх темпераментів. До кінця транспортного затору відповідне змінювання часу реакції у них буде таким: у водія-холерика – 0,47 с, у водія-сангвініка – 0,25 с, у водія-флегматика – 0,05 с і у водія-меланхоліка – 0,07 с.

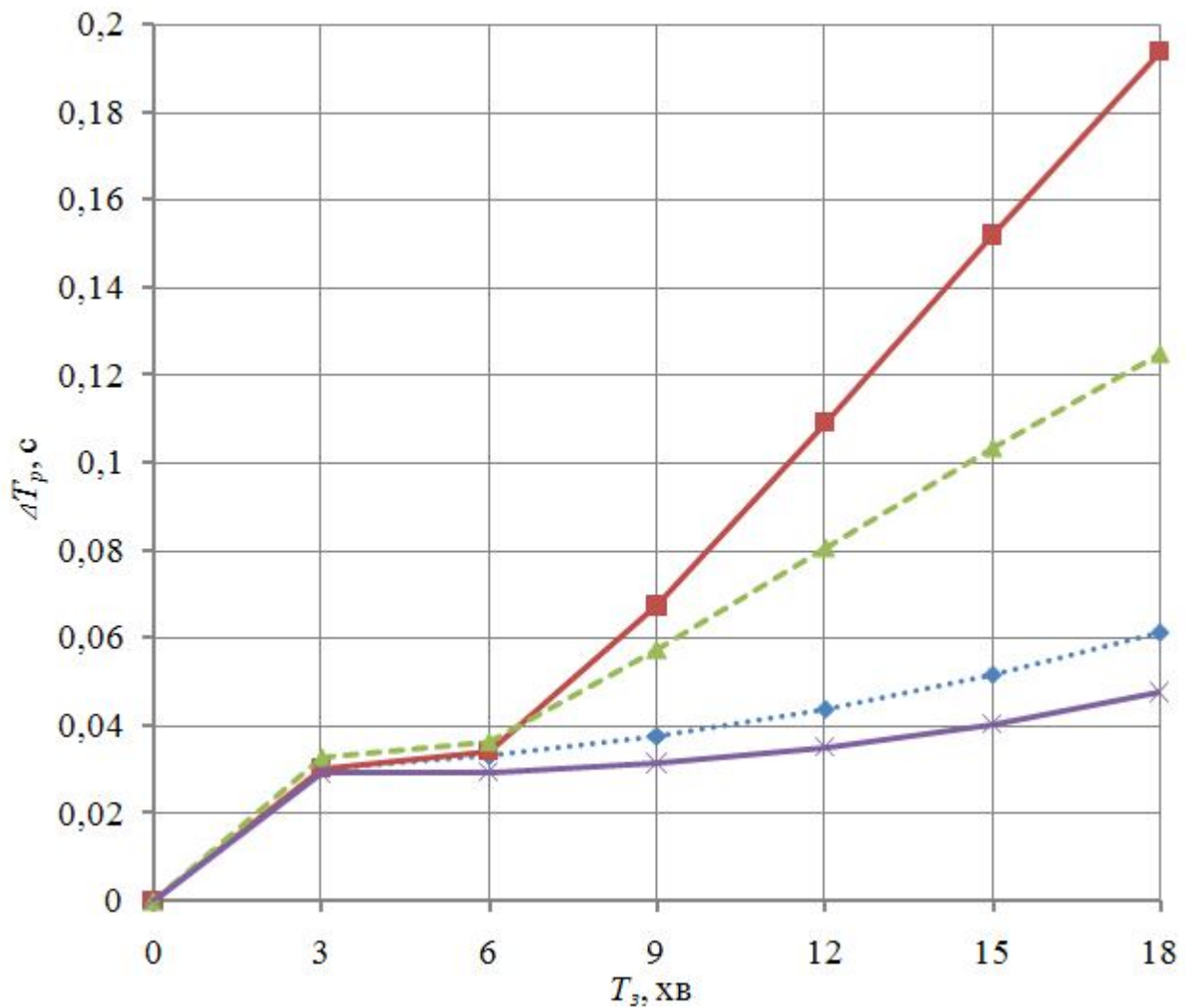


Рисунок 5.10 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ :

····♦ – Меланхолік.    —■– Холерик.    -▲- Сангвінік.    —×– Флегматик

При  $\Pi_n = 4$  бали змінювання часу реакції водіїв тридцяти років у транспортному заторі відбувається так (рис. 5.10): у водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини затору час реакції трохи збільшується, а до шостої хвилини він стабілізується. Потім час реакції у них зростає, а відповідне змінювання цього часу у водія-холерика становить 0,2 с, у водія-сангвініка – 0,12 с, у водія-меланхоліка – 0,06 с і у водія-флегматика – 0,05 с.

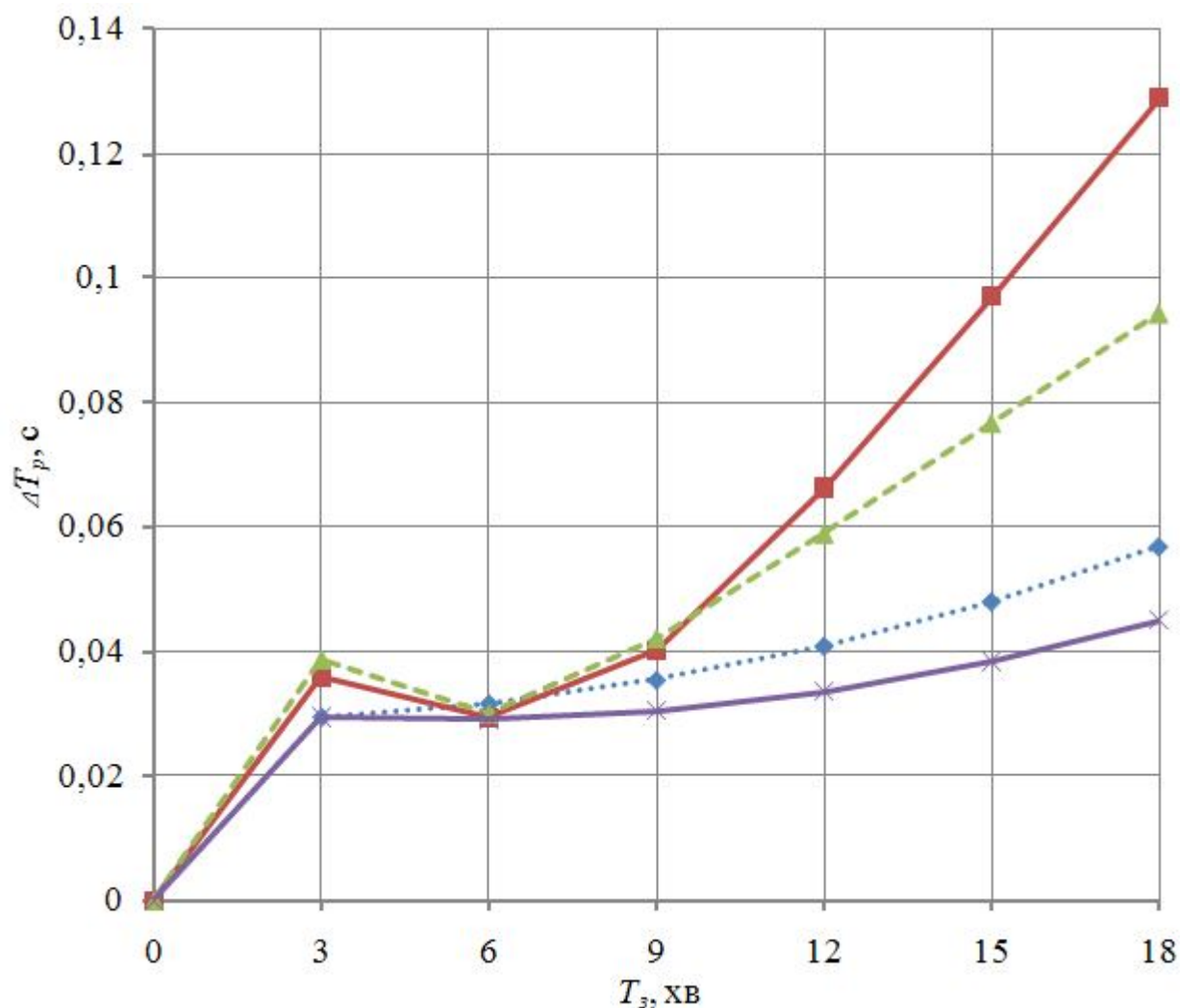


Рисунок 5.11 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 5$ :  
 ● – Меланхолік. ■ – Холерик. ▲ – Сангвінік. × – Флегматик

Якщо показник активності регуляторних систем на початку транспортного затору становить п'ять балів, то у тридцятирічних водіїв змінювання часу реакції в заторі відбувається наступним чином (рис. 5.11): у водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини затору час реакції трохи збільшується, до шостої хвилини дещо знижується час реакції водія-холерика і водія-сангвініка. Потім час реакції у них зростає, а відповідне змінювання цього часу у водія-холерика становить 0,13 с, у водія-сангвініка – 0,09 с, у водія-меланхоліка – 0,05 с і у водія-флегматика – 0,04 с.

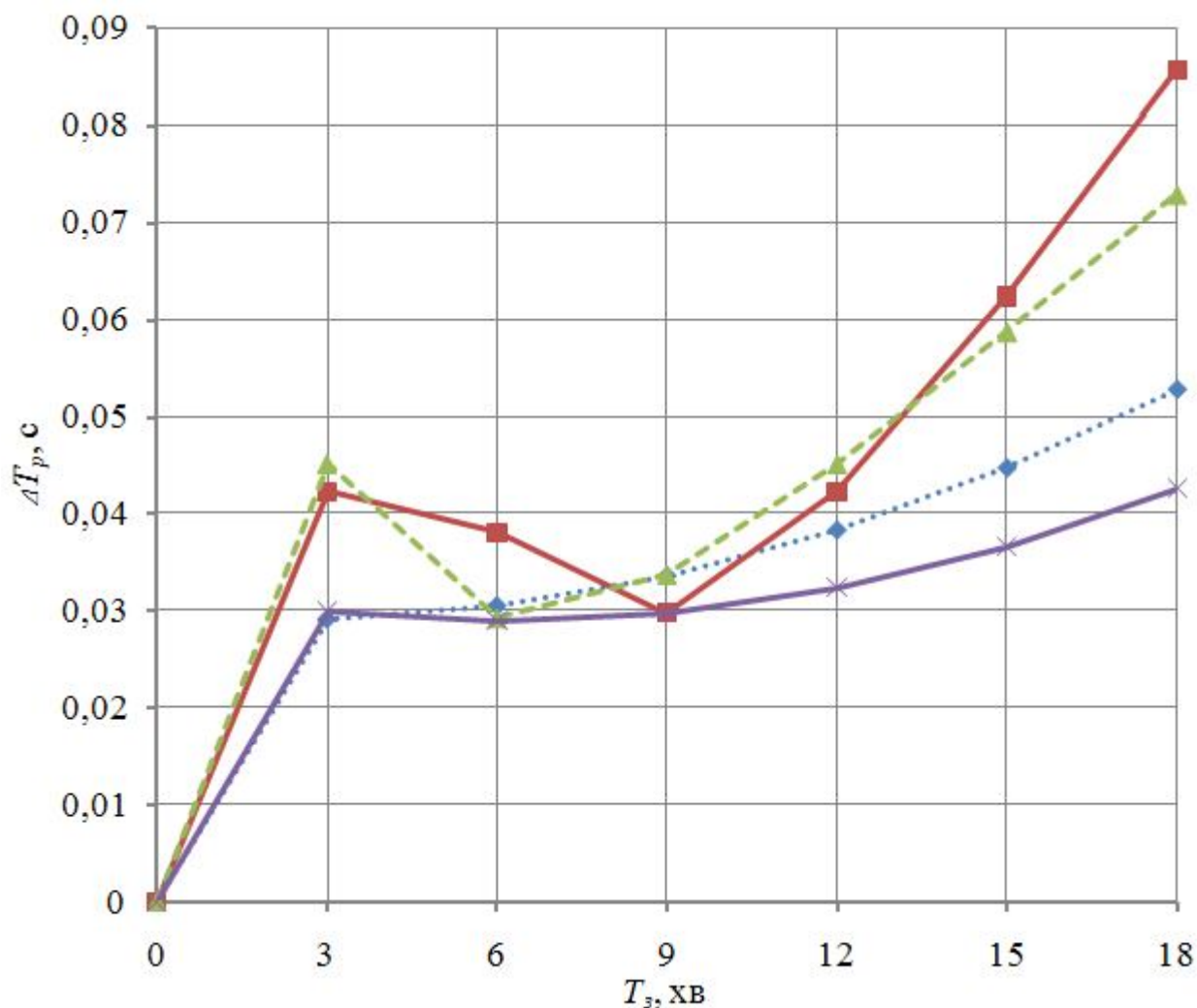


Рисунок 5.12 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 30 років) у транспортному заторі при  $P_n = 6$ :

..... – Меланхолік.    —■— – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    —×— – Флегматик

При  $P_n = 6$  балів час реакції водіїв у транспортному заторі до третьої хвилини збільшується, сягаючи у водія-холерика і у водія-сангвініка 0,045 с, у водія-меланхоліка і у водія-флегматика – 0,03 с (рис. 5.12). Час реакції у водія-сангвініка до шостої хвилини перебування в заторі дещо зніжується, що спостерігається і у водія-холерика до дев'ятої хвилини. Далі час реакції водіїв зростає, сягаючи наприкінці затору у водія-холерика 0,09 с, у водія-сангвініка – 0,07 с, у водія-меланхоліка – 0,05 с і у водія-флегматика – 0,04 с.

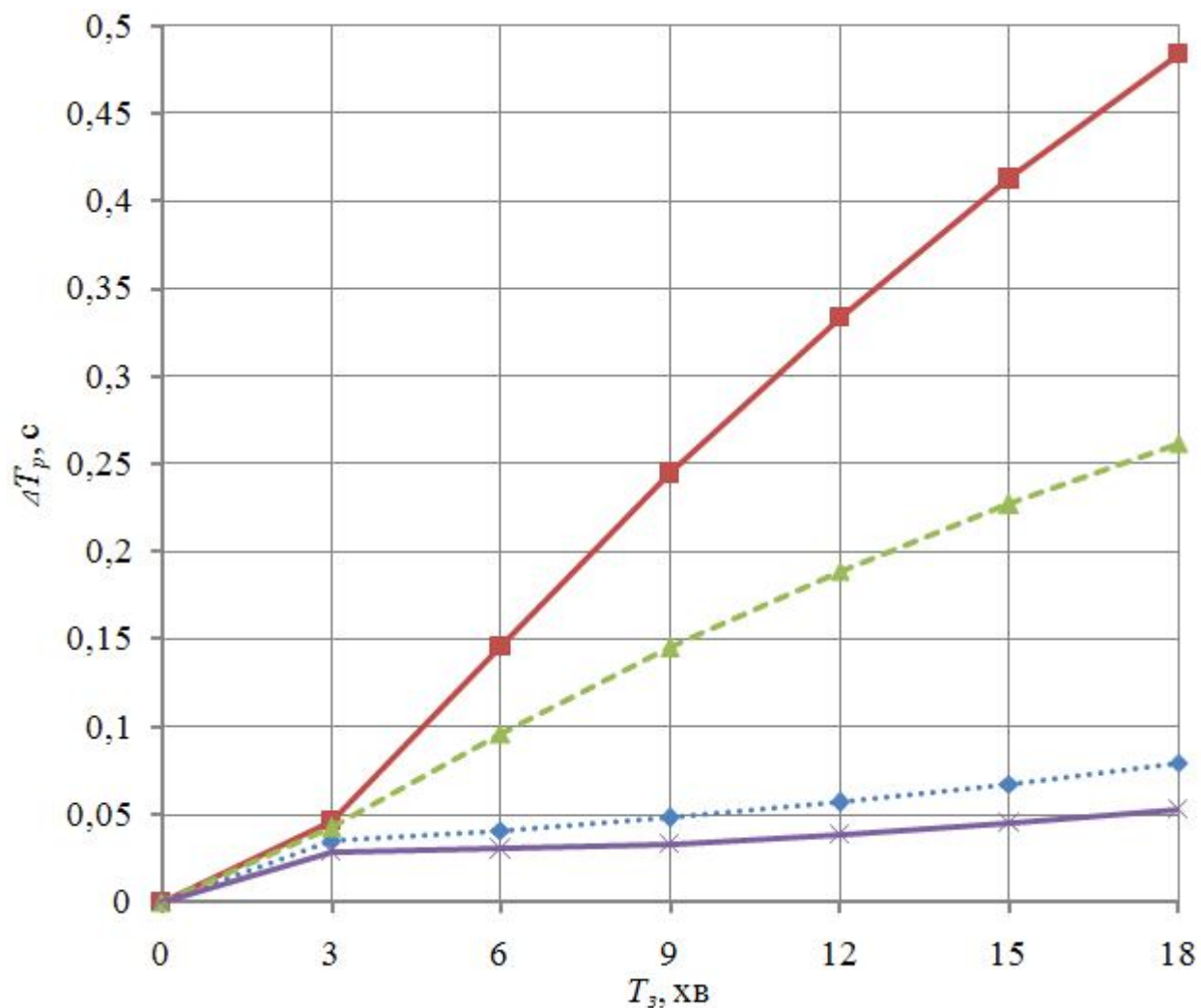


Рисунок 5.13 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік. —×— Флегматик

При  $\Pi_n = 2$  бали тенденція змінювання часу реакції водіїв усіх темпераментів у транспортному заторі, подана на рисунку 5.13, аналогічна до змінювання, поданого на рисунках 5.5 і 5.9, а на рисунку 5.14 – до змінюванням на рисунках 5.6 і 5.10. На рисунку 5.13 час реакції водіїв усіх темпераментів змінюється однаково до третьої хвилини затору, а на рисунку 5.14 – до шостої. Далі час реакції водіїв зростає і наприкінці затору сягає таких значень (рис. 5.13): у водія-холерика – 0,48 с, у водія-сангвініка – 0,26 с, у водія-меланхоліка – 0,08 с і у водія-флегматика – 0,05 с.



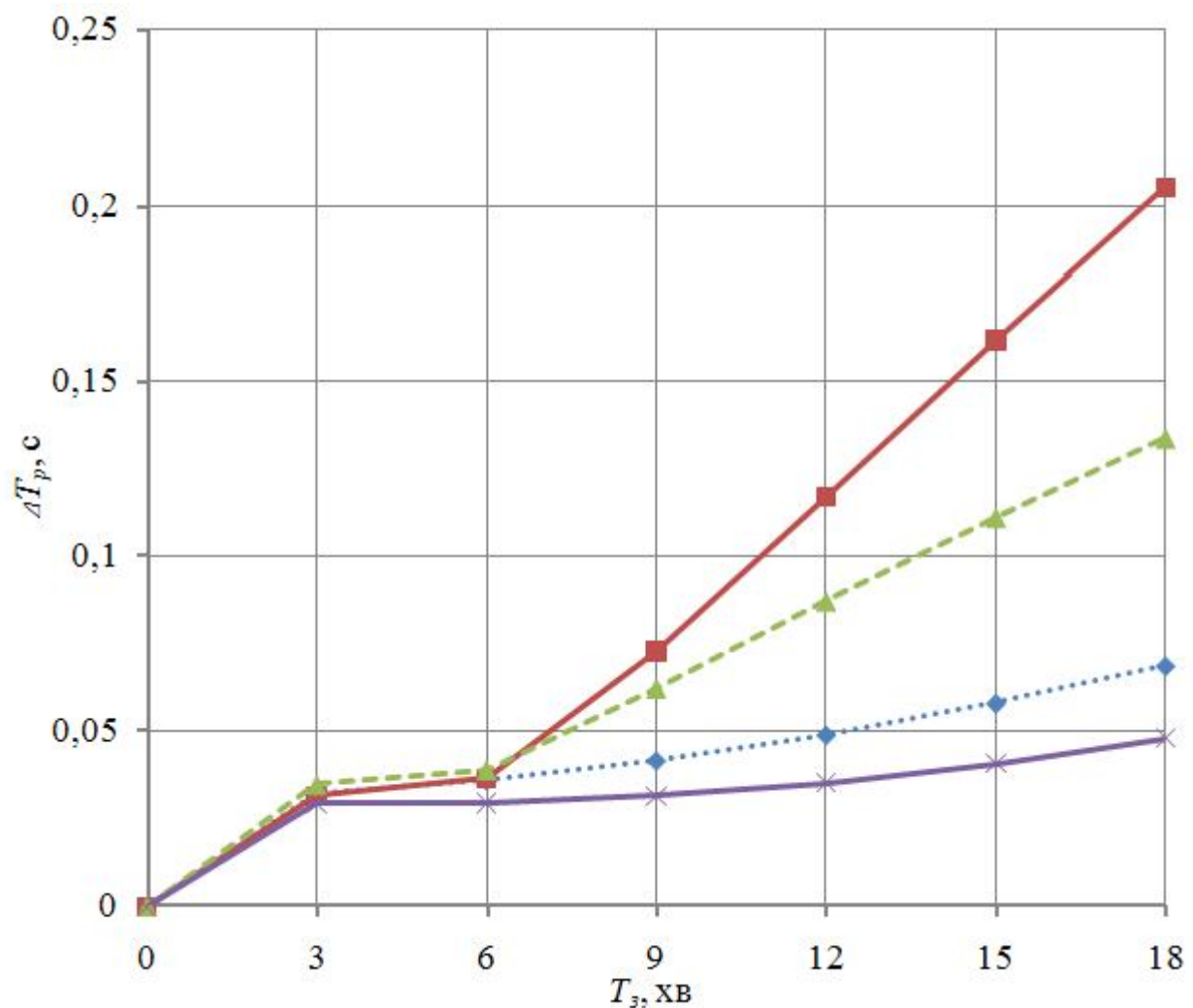


Рисунок 5.14 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ :

····· – Меланхолік. —■— Холерик. - -▲- - Сангвінік. —×— Флегматик

На рисунку 5.14 час реакції змінюється так: у водія-холерика він становить 0,22 с, у водія-сангвініка – 0,13 с, у водія-меланхоліка – 0,07 с і у водія-флегматика – 0,05 с.

Динаміка змінювання часу реакції водіїв усіх темпераментів на рисунку 5.15 подібна до змінювання на рисунках 5.7 і 5.11, а на рисунку 5.16 – до змінювання на рисунках 5.8 і 5.12. Час реакції водія-меланхоліка і водія-флегматика на обох рисунках поступово зростає, сягаючи наприкінці затору 0,062 с і 0,042 с (рис. 5.15) і 0,59 с і 0,042 с (рис. 5.16) відповідно.



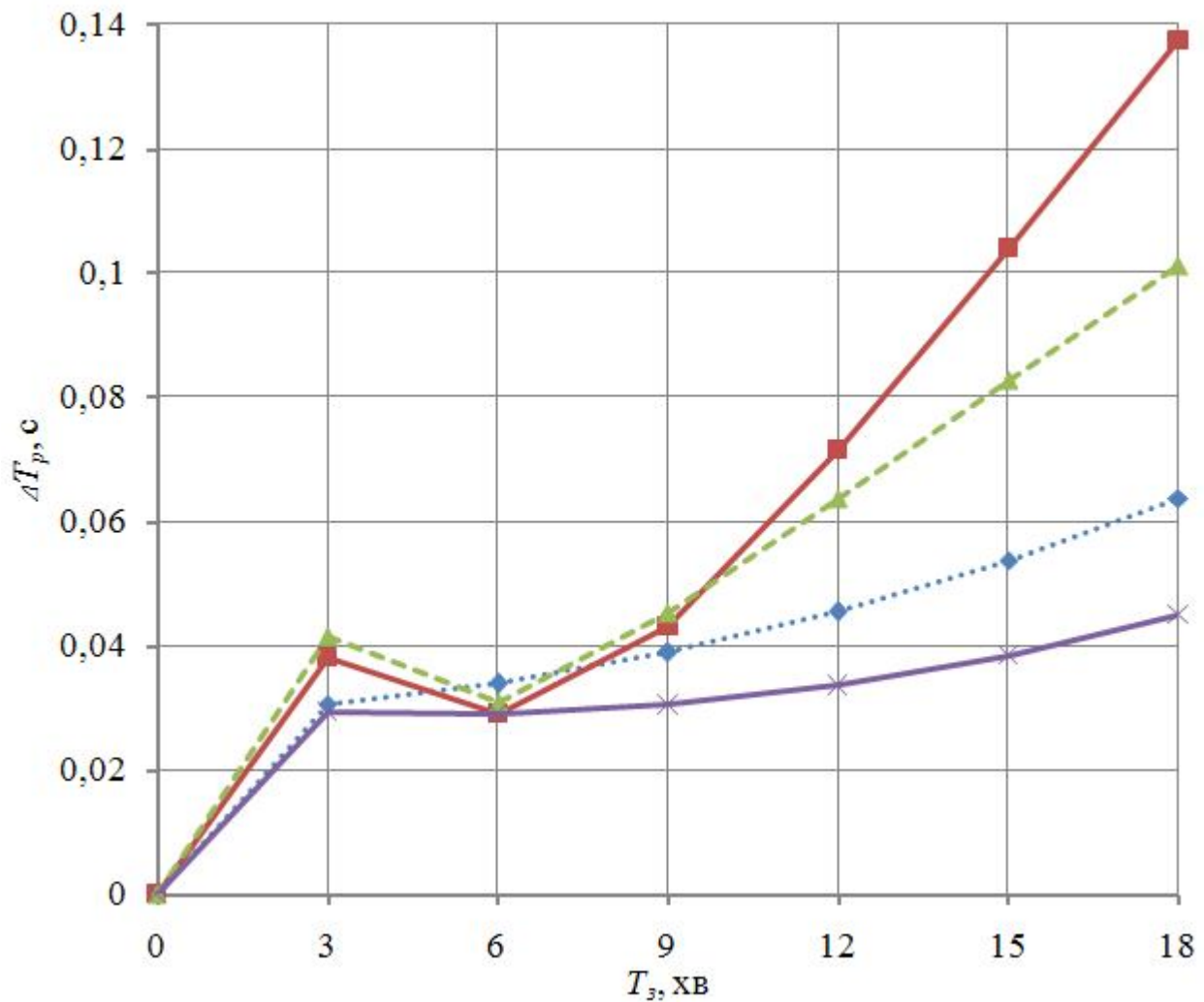


Рисунок 5.15 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 5$ :  
 .... – Меланхолік.    —■— – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    —×— – Флегматик

На рисунку 5.15 час реакції водія-холерика і водія-сангвініка зростає до третьої хвилини затору, потім знижується до шостої хвилини, далі знову зростає досягаючи наприкінці затору 0,14 с і 0,1 с відповідно.

На рисунку 5.16 час реакції водія-холерика і водія-сангвініка також зростає до третьої хвилини затору, потім знижується у водія-сангвініка до шостої хвилини, а у водія-холерика – до дев'ятої хвилини, далі знову зростає, сягаючи наприкінці затору 0,092 с і 0,078 с відповідно. Потрібно зазначити, що до тринадцятої хвилини затору відповідне змінювання часу реакції обох водіїв вирівнюється, сягаючи значення 0,057 с.

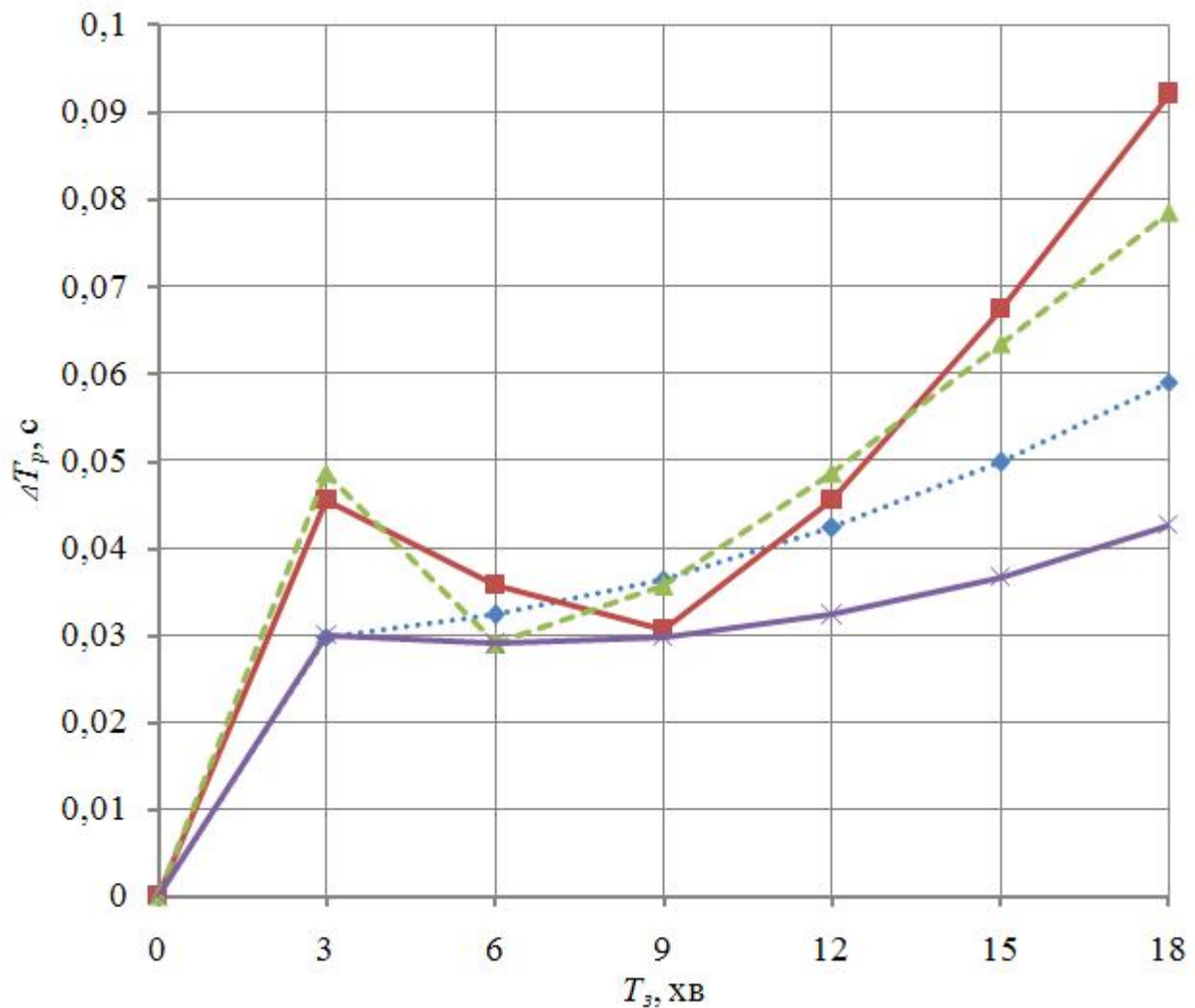


Рисунок 5.16 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 40 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$ :

····♦··· – Меланхолік.    —■— – Холерик.    - -▲- - – Сангвінік.    —×— – Флегматик

Як зрозуміло з рисунка 5.17, при показнику активності регуляторних систем, що дорівнює двом балам, час реакції у транспортному заторі збільшується у водіїв усіх темпераментів. Наприкінці транспортного затору відповідне змінювання часу їхньої реакції буде таким: у водія-холерика – 0,47 с, у водія-сангвініка – 0,25 с, у водія-флегматика – 0,05 с і у водія-меланхоліка – 0,07 с.

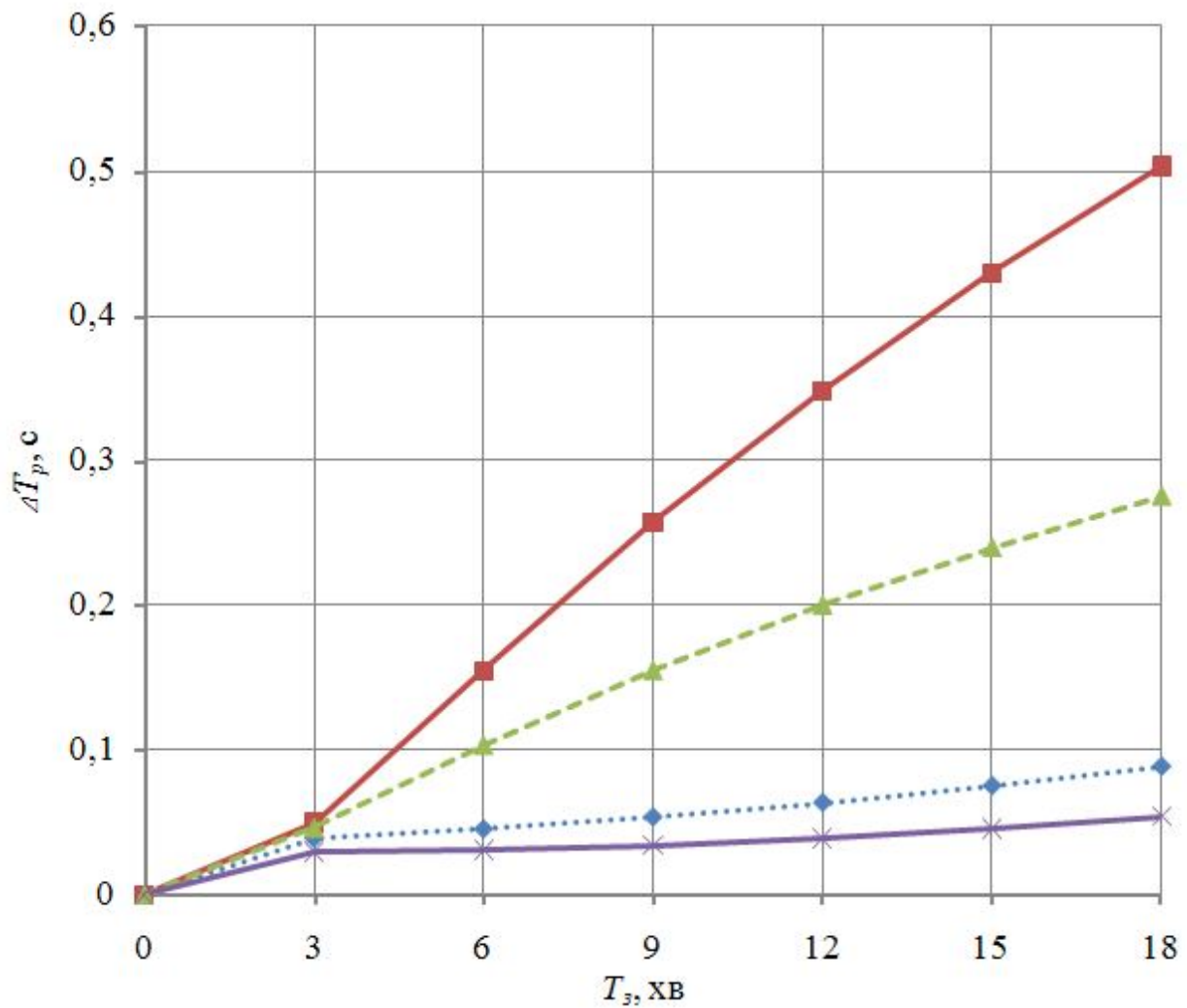


Рисунок 5.17 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 2$ :  
 ●— Меланхолік. ■— Холерик. ▲— Сангвінік. ×— Флегматик

При  $\Pi_n = 4$  бали змінювання часу реакції водіїв п'ятдесяти років у транспортному заторі буде змінюватися так (рис. 5.18): у водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини затору час реакції трохи збільшується, а до шостої хвилини він стабілізується. Потім час їхньої реакції зростає, а відповідне змінювання цього часу у водія-холерика становить 0,22 с, у водія-сангвініка – 0,14 с, у водія-меланхоліка – 0,08 с і у водія-флегматика – 0,05 с.

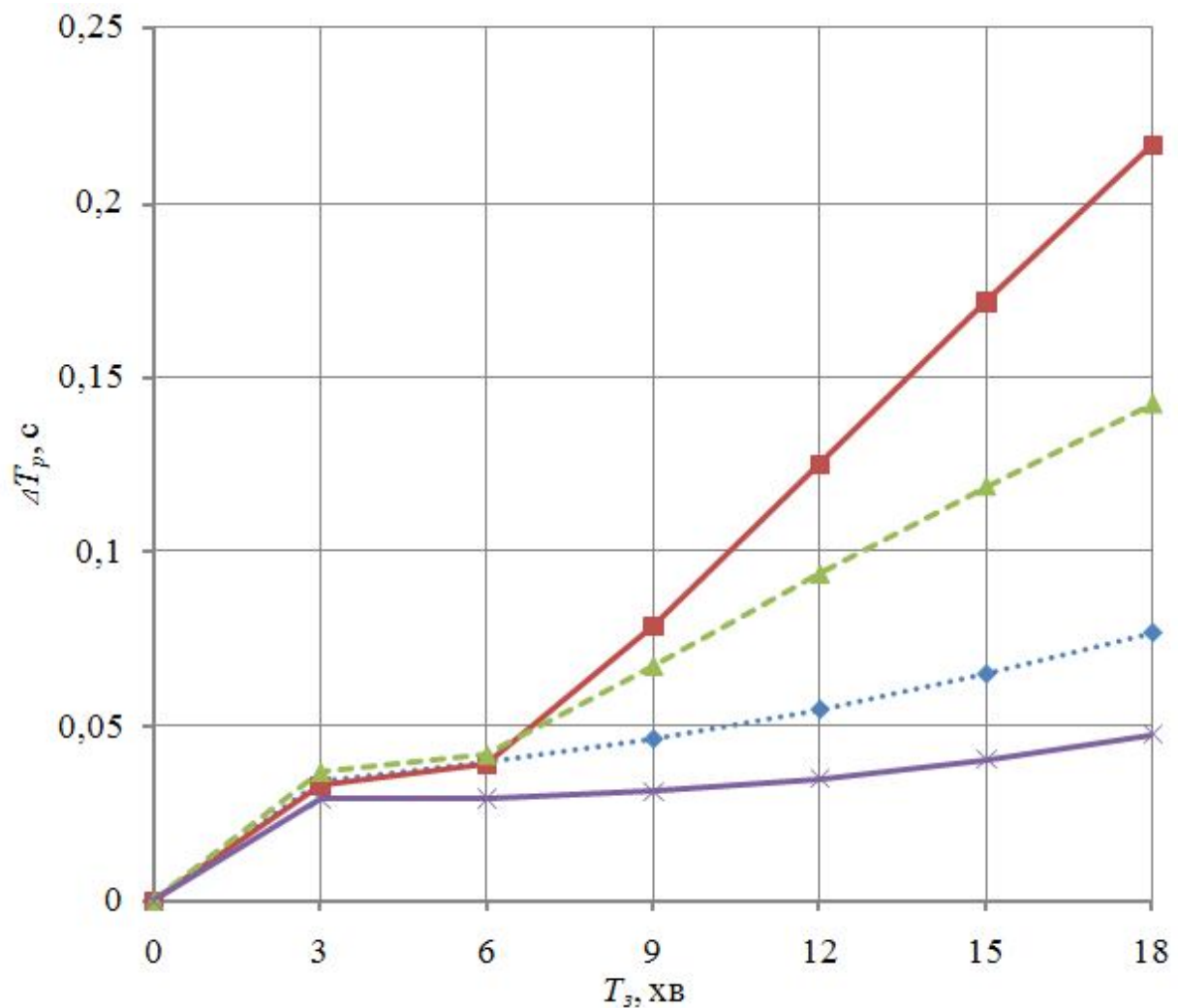


Рисунок 5.18 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $P_n = 4$ :

····· – Меланхолік. —■— Холерик. - - - - Сангвінік. —×— Флегматик

Якщо показник активності регуляторних систем на початку транспортного затору дорівнює п'яти балам, змінювання часу реакції в заторі відбувається наступним чином (рис. 5.19): у водіїв усіх темпераментів до третьої хвилини затору час реакції трохи збільшується, до шостої хвилини дещо знижується час реакції у водія-холерика і водія-сангвініка. Потім час реакції у них зростає, а відповідне змінювання цього часу у водія-холерика становить 0,15 с, у водія-сангвініка – 0,11 с, у водія-меланхоліка – 0,07 с і у водія-флегматика – 0,04 с.

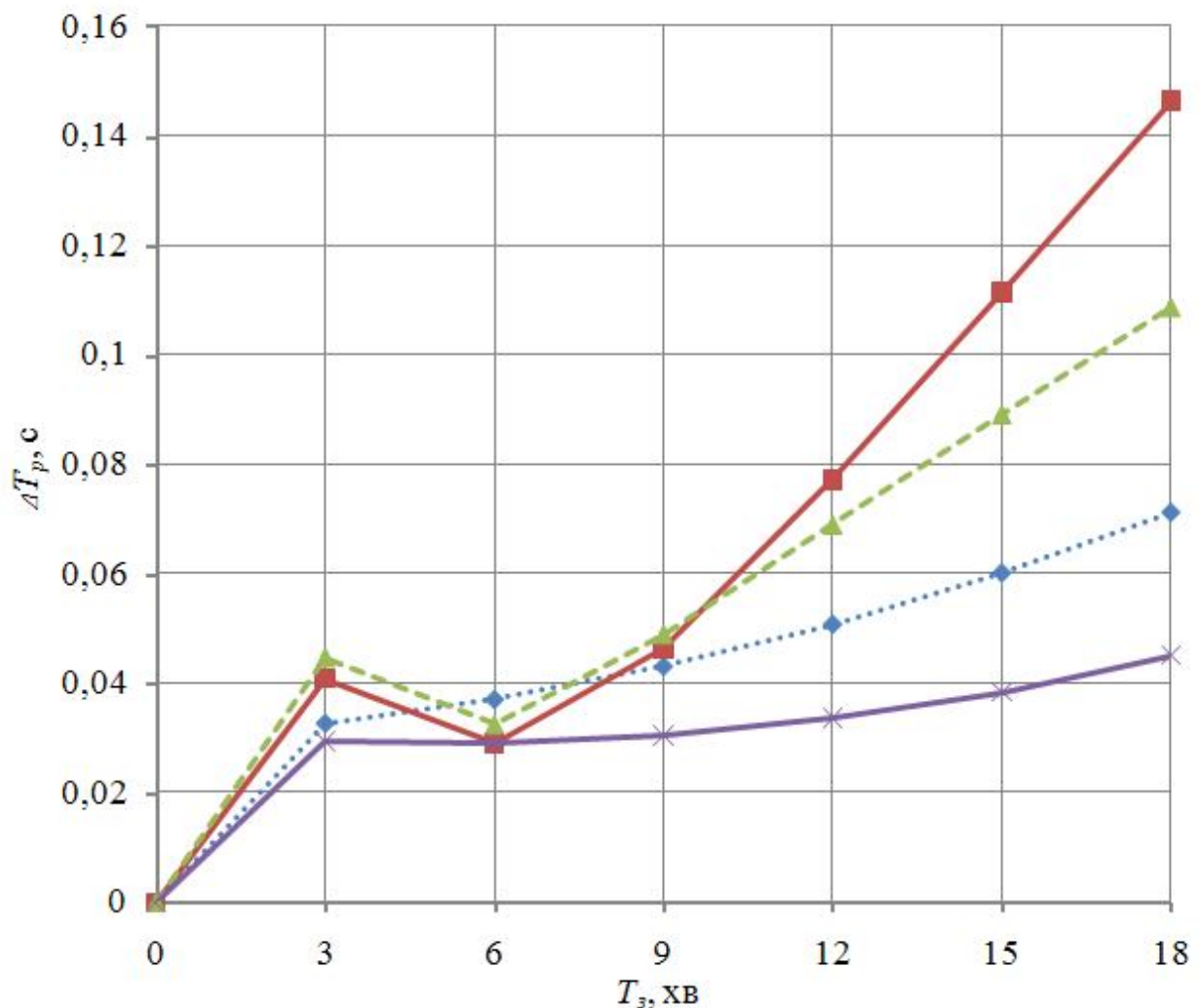


Рисунок 5.19 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 5$ :  
 .... – Меланхолік. —■— – Холерик. - - - – Сангвінік. —×— – Флегматик

При  $\Pi_n = 6$  балів (рис. 5.20) час реакції у п'ятдесятирічних водіїв у транспортному заторі до третьої хвилини збільшується, сягаючи у водія-холерика і у водія-сангвініка 0,05 с, у водія-меланхоліка і у водія-флегматика – 0,03 с. У водія-сангвініка дещо знижується час реакції до шостої хвилини перебування в заторі, а у водія-холерика – до дев'ятої хвилини. Далі час реакції водіїв зростає, сягаючи наприкінці затору у водія-холерика 0,09 с, у водія-сангвініка – 0,07 с, у водія-меланхоліка – 0,05 с і у водія-флегматика – 0,04 с.

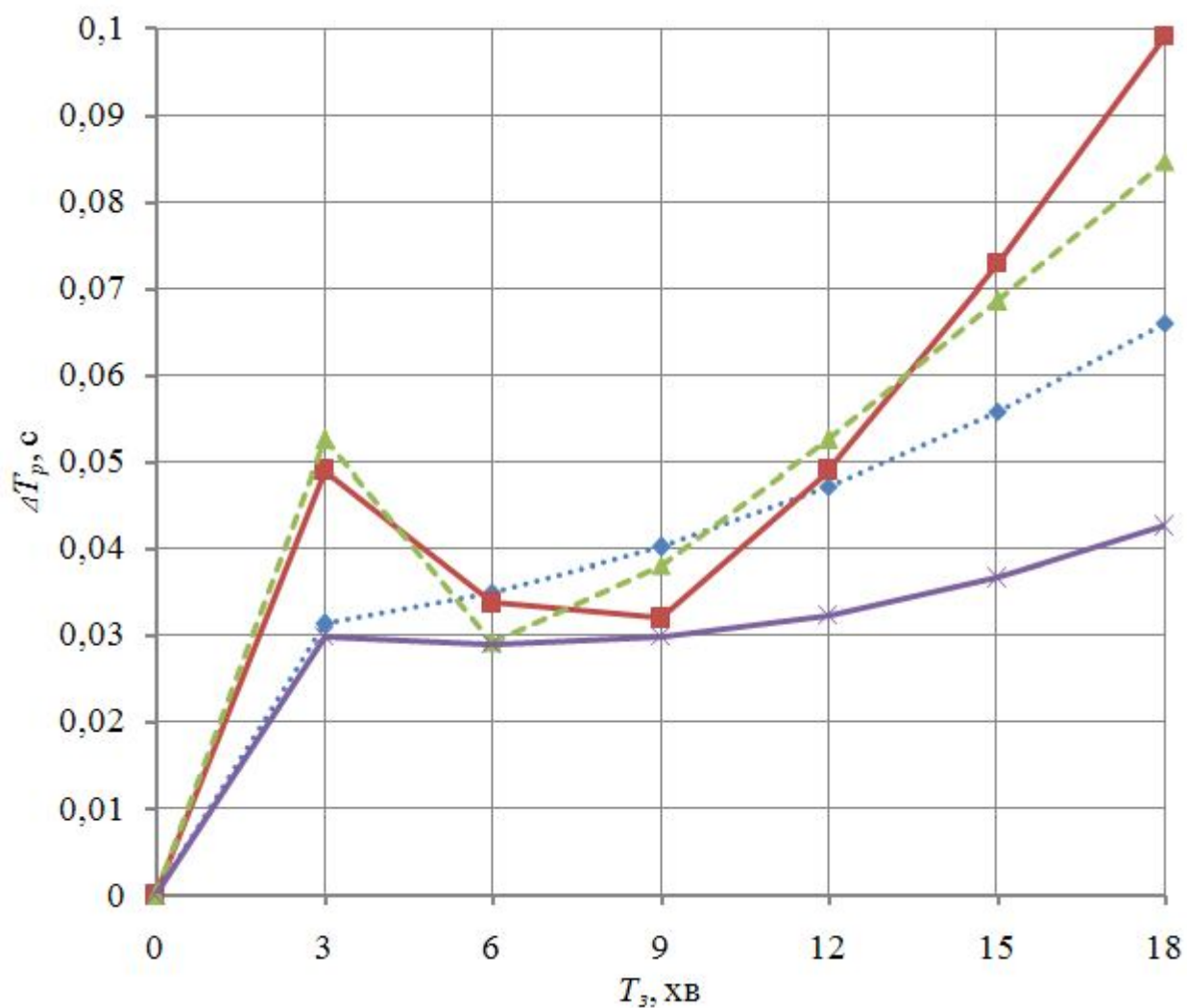


Рисунок 5.20 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 50 років) у транспортному заторі при  $P_n = 6$ :

—♦— Меланхолік. —■— Холерик. —▲— Сангвінік. —×— Флегматик

При  $P_n = 2$  бали тенденція до змінювання часу реакції водіїв усіх темпераментів у транспортному заторі, подана на рисунку 5.21, аналогічна до змінювання, поданого на рисунках 5.5, 5.9, 5.13 і 5.17, а на рисунку 5.22 (якщо показник активності регуляторних систем на початку транспортного затору дорівнює чотирьом балам) – до змінювання на рисунках 5.6, 5.10, 5.14 і 5.19. На рисунку 5.21 час реакції водіїв усіх темпераментів, крім флегматика, змінюється однаково до третьої хвилини затору, а на рисунку 5.22 (крім флегматика) – до шостої. Далі час реакції водіїв зростає, і наприкінці затору ці змінювання сягають таких значень (рис. 5.21): у водія-холерика – 0,52 с, у водія-сангвініка – 0,29 с, у водія-меланхоліка – 0,1 с і у водія-флегматика – 0,05 с.

На рисунку 5.22 відповідний час реакції змінюється так: у водія-холерика він становить 0,23 с, у водія-сангвініка – 0,15 с, у водія-меланхоліка – 0,08 с і у водія-флегматика – 0,05 с.

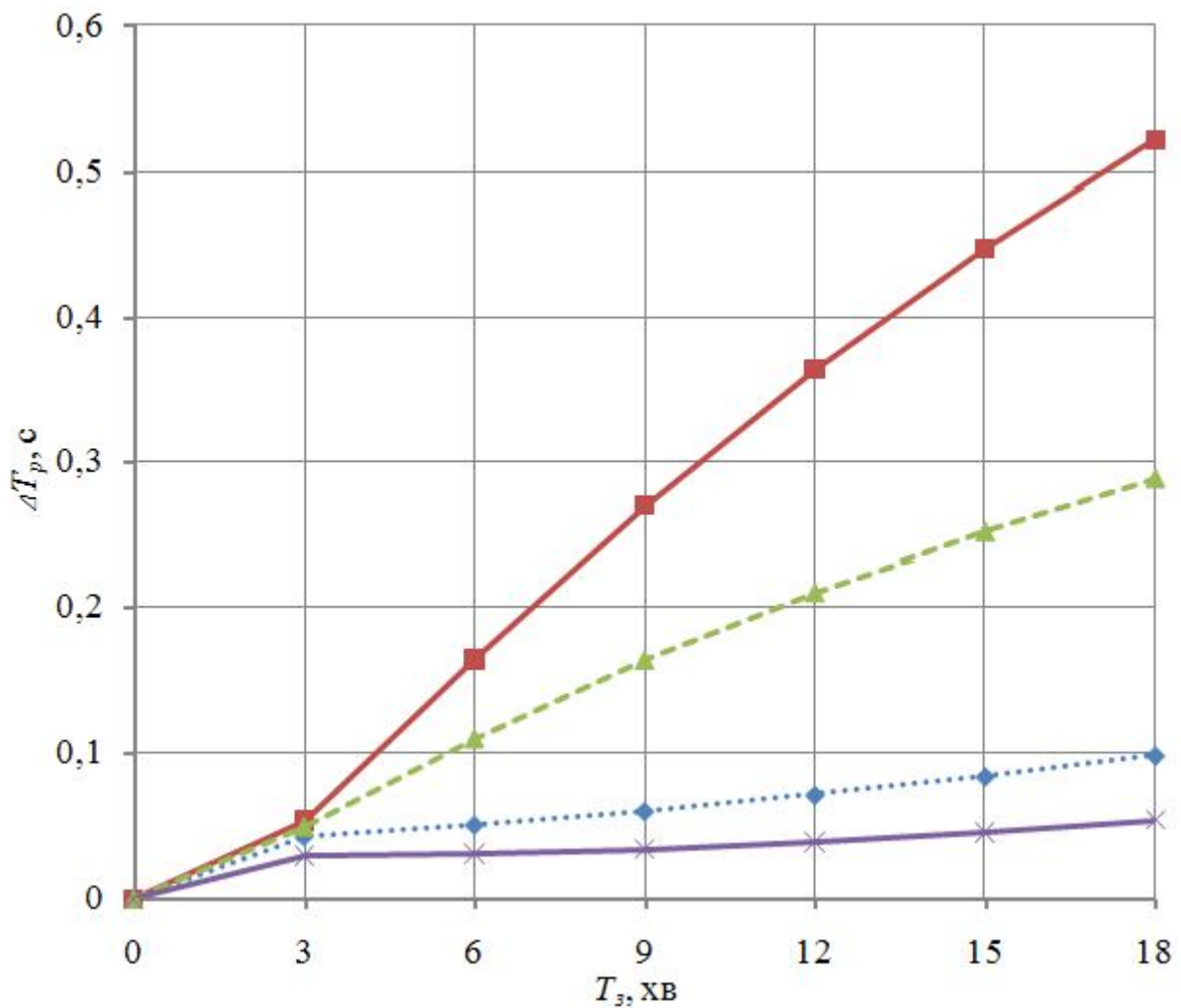


Рисунок 5.21 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $P_n = 2$ :

...♦... – Меланхолік.    ■ – Холерик.    ▲ – Сангвінік.    ✕ – Флегматик



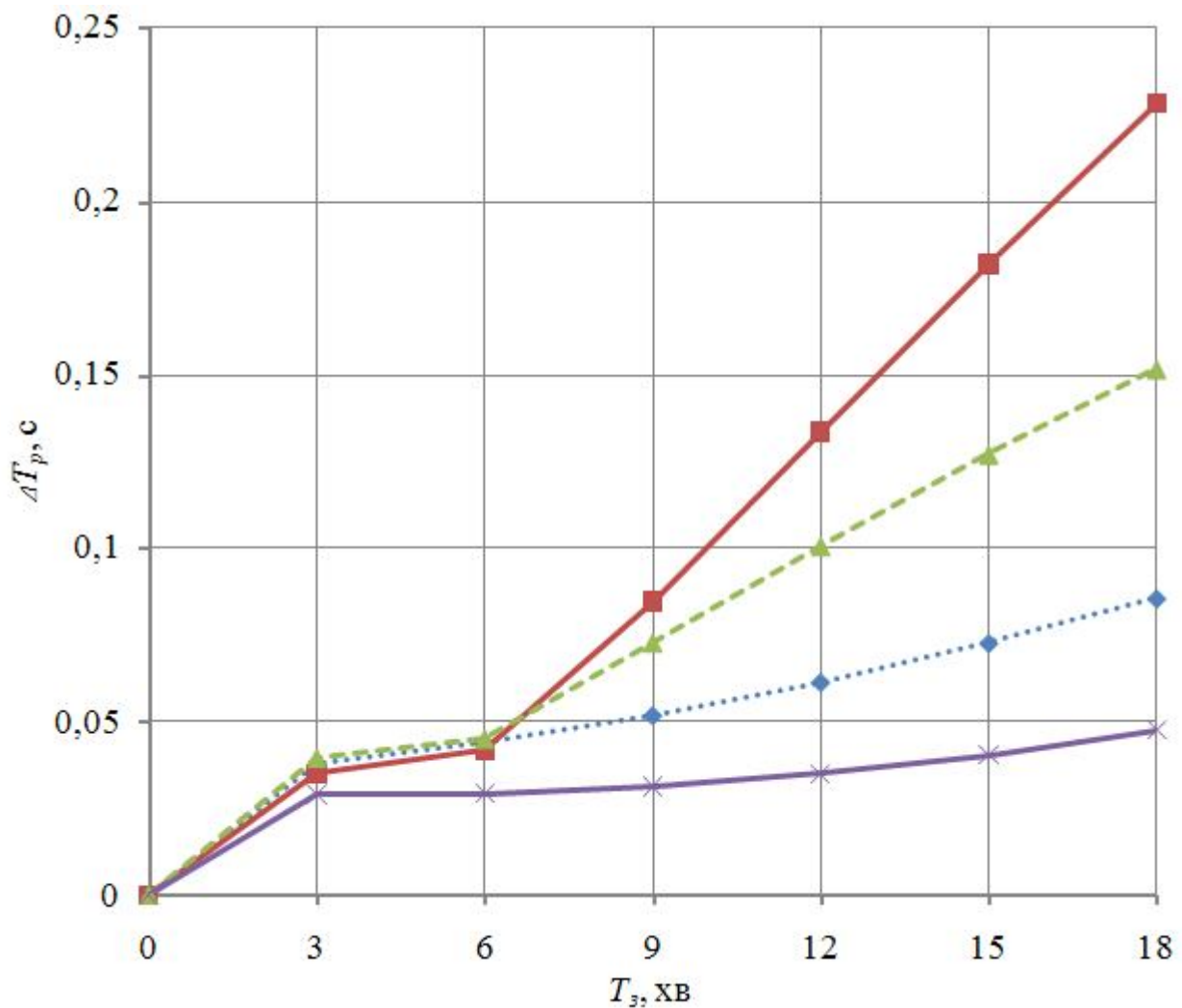


Рисунок 5.22 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 4$ :

..... – Меланхолік.    —■— – Холерик.    -▲- – Сангвінік.    —×— – Флегматик

Якщо показник активності регуляторних систем на початку транспортного затору дорівнює п'яти балів, то динаміка змінювання часу реакції водіїв усіх темпераментів, подана на рисунку 5.23, подібна до змінювання, поданого на рисунках 5.7, 5.11, 5.15 і 5.19, а на рисунку 5.24 (якщо показник активності регуляторних систем на початку транспортного затору дорівнює шести балам) – до змінювання на рисунках 5.12, 5.16 і 5.20. Час реакції водія-меланхоліка і водія-флегматика на обох рисунках поступово зростає, сягаючи наприкінці затору 0,08 с і 0,043 с (рис. 5.23) і 0,72 с і 0,042 с (рис. 5.24) відповідно.

На рисунку 5.23 час реакції водія-холерика і водія-сангвініка зростає до третьої хвилини затору, потім знижується до шостої хвилини, далі знову зростає, сягаючи наприкінці затору 0,16 с і 0,11 с відповідно. Необхідно



зазначити, що до дев'ятої хвилини затору відповідне змінювання часу реакції всіх водіїв, крім флегматика, вирівнюється, сягаючи 0,05 с.

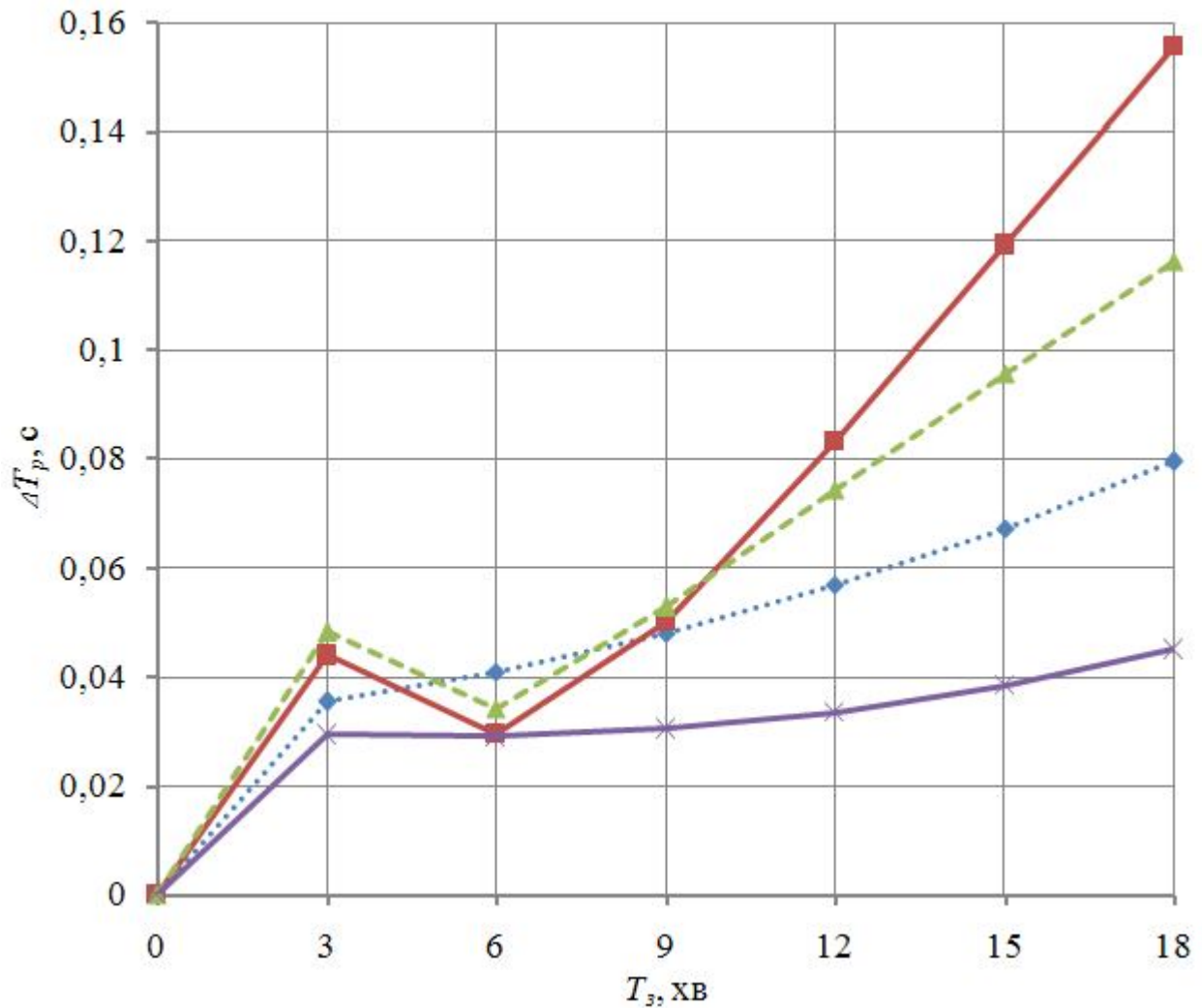


Рисунок 5.23 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 5$ :

..... – Меланхолік. —■— Холерик. ....▲.... – Сангвінік. —×— Флегматик

На рисунку 5.24 час реакції водія-холерика і водія-сангвініка також зростає до третьої хвилини затору, потім знижується до шостої хвилини, далі знову зростає, сягаючи наприкінці затору 0,092 с і 0,078 с відповідно.

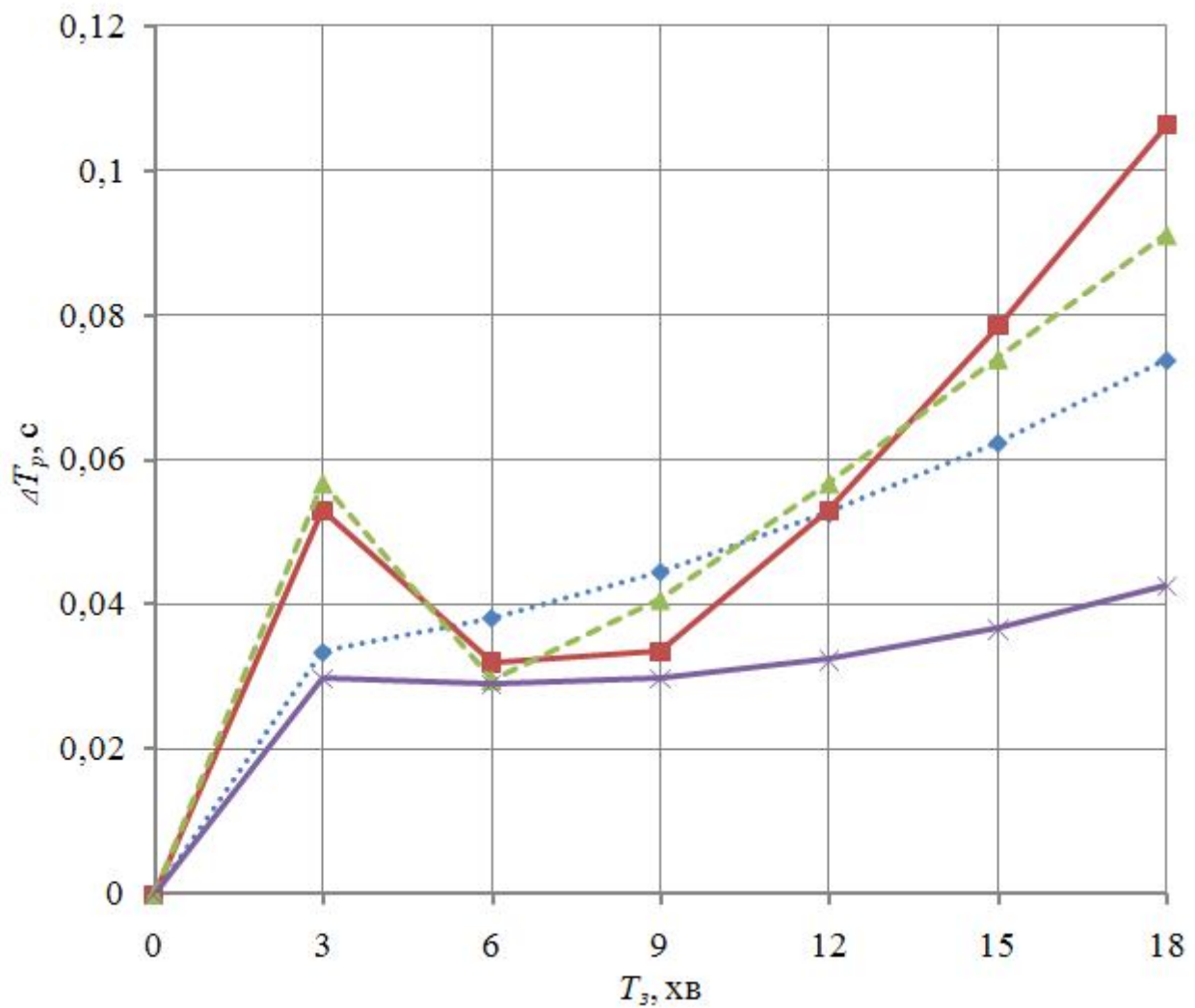


Рисунок 5.24 – Залежність змінювання часу реакції водіїв (вік 60 років) у транспортному заторі при  $\Pi_n = 6$ :  
 .....♦ – Меланхолік.    —■— — Холерик.    -▲- Сангвінік.    —×— — Флегматик

До дванадцятої хвилини затору відповідне змінювання часу реакції всіх водіїв, крім флегматика, вирівнюється, сягаючи 0,055 с.

### 5.3 Висновки до розділу

1. Проведені дослідження довели, що функційний стан водія обумовлює динамічний габарит автомобіля через час реакції водія.

2. За допомогою розробленої нелінійної регресійної моделі можна визначити час реакції водія будь-якого темпераменту як під час його перебування в транспортному заторі, так і після виходу з нього. Для цього необхідно знати початкове й кінцеве значення функційного стану водія.

3. Експериментальні дослідження оцінювання часу реакції водія на ділянках транспортної мережі довели, що він змінюється по-різному у водіїв із різними типами нервової системи. У разі однакових початкових значень часу реакції при виході з транспортного затору час реакції водія-холерика на ділянці дорожньої мережі знижується швидше, ніж у водія-сангвініка.

4. Змінювання часу реакції водіїв у транспортному корку значною мірою обумовлюється їхнім початковим станом і віком. Водії із різними темпераментами по-різному реагують на тривалість транспортного затору.

5. Під час розроблення технології організації дорожнього руху необхідно враховувати отримані результати досліджень, які обумовлюють час реакції водія і безпеку руху.

## ВИСНОВКИ

1. Особистісні характеристики водія, його сенсомоторні властивості і змінювання функційного стану істотно впливають на безпеку дорожнього руху, надійність і безперебійність роботи системи ВАДС.

2. Аналіз методів оцінювання функційного стану водія довів, що найбільш повним і інформативним методом є оцінювання стану всього організму шляхом реєстрації електрокардіограми і визначення показника активності регуляторних систем.

3. Проведені дослідження свідчать проте, що ергономічні характеристики автомобіля впливають на змінювання функційного стану водія під час руху. Встановлено, що ці характеристики істотно не впливають на функційний стан водія під час його перебування в транспортному заторі. Це доводить, що значущими також є психоемоційні властивості водія щодо умов комфорту: під час руху автомобіль з кращими ергономічними характеристиками позитивніше впливає на водія, покращуючи його функційний стан.

4. Транспортні затори значно погіршують функційний стан водіїв усіх темпераментів, крім флегматиків, особливо в ранковий, піковий період.

5. Розроблена лінійна регресійна модель, що загалом правильно відображає змінювання функційного стану водія в транспортному заторі, виявилася непридатною для практичних розрахунків, оскільки вона була розрахована на середньостатистичного водія

6. Кластерний аналіз щодо розподілу всієї сукупності водіїв на однорідні групи призвів до виокремлення двох кластерів. До першого увійшли водії переважно з флегматичним типом нервової системи (14,8 %), а до другого – з іншими типами нервової системи та їхні комбінації.

7. Розроблені нелінійні регресійні моделі для водія-холерика й водія-сангвініка, а також лінійні для водія-меланхоліка й водія-флегматика дають змогу визначити, як змінюється їхній функційний стан в транспортному заторі. Було встановлено, що такий фактор, як комфортабельність автомобіля, оцінюваний за його ергономічними характеристиками автомобіля, виявився значущим тільки для водія-меланхоліка.

8. Оцінювання факторів, що впливають на функційний стан водіїв із різними темпераментами, довело, що на функційний стан водія-сангвініка і водія-холерика впливають такі фактори, як вік, показник активності регуляторних систем при вході в транспортний затор і співвідношення тривалості транспортного затору та ПАРС. На функційний стан

водія-меланхоліка впливають вік, тривалість транспортного затору й початкове значення ПАРС, а на функційний стан водія-флегматика – тривалість затору, початкове значення ПАРС і ергономічні характеристики автомобіля, які визначають за ціною нового автомобіля та питомою потужністю двигуна.

9. У сангвініків і холериків усіх вікових категорій за початкового стану, який дорівнює чотирьом і вище балам, функційний стан під час перебування в заторі спочатку нормалізується, а потім починає погіршуватися. На змінювання умов транспортного затору більше реагують водії-холерики. У водіїв-меланхоліків будь-якого віку функційний стан у заторі поступово погіршується, незважаючи на те, яким був початковий стан.

10. Для визначення часу реакції водія будь-якого темпераменту як у транспортному заторі, так і після виходу з нього необхідно знати початкове й кінцеве значення його функційного стану.

11. Експериментальні дослідження оцінювання часу реакції водія на ділянках транспортної мережі довели, що він змінюється по-різному у водіїв з різними типами нервової системи і значною мірою залежить від їхнього початкового стану й віку.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте / Э. В. Гаврилов. – Киев : Техника, 1976. – 152 с.
2. Гаврилов Е. В. Системологія на транспорті / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін ; під заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – Київ : Знання України, 2008. – кн. 5 : Ергономіка. – 256 с.
3. Мишури́н В. М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей : учеб. пособие / В. М. Мишури́н, А. Н. Романов, Н. А. Игнатов. – Москва : МАДИ, 1982. – 254 с.
4. Печерский М. П. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / М. П. Печерский, Б. Г. Хорович. – Москва : Транспорт, 1979. – 176 с.
5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими : пер. с англ. / Д. Дрю. – Москва : Транспорт, 1972. – 423 с.
6. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – Москва : Транспорт, 1978. – 125 с.
7. Брайловский Н. О. Управление движением транспортных средств / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – Москва : Транспорт, 1975. – 112 с.
8. Давідіч Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології водія / Ю. О. Давідіч. – Харків : ХНАДУ, 2006. – 292 с.
9. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справочник: пер. с англ. / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – Москва : Транспорт, 1981. – 592 с.
10. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Я. В. Хомяк. – Киев : Вища школа, 1986. – 271 с.
11. Кли́нковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Кли́нковштейн. – Москва : Транспорт, 1981. – 240 с.

12. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко. – Москва : Транспорт, 1991. – 183 с.
13. Полищук В. П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах / В. П. Полищук. – Киев : КАДИ, 1983. – 95 с.
14. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков : пер. с англ. / Ф. Хейт. – Москва : Мир, 1966. – 288 с.
15. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху : навч. посібник / В. П. Поліщук, Н. Т. Кунда. – Київ : ІЗМН, 1998. – 132 с.
16. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – Москва : Транспорт, 1982. – 288 с.
17. Бабков В. Ф. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В. Ф. Бабков, М. Б. Афанасьев, А. П. Васильев. – Москва : Транспорт, 1967. – 227 с.
18. Вайсман А. И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : спец. 14.00.07 – гигиена / А. И. Вайсман. – Москва, 1975. – 31 с.
19. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организация движения / В. В. Сильянов. – Москва : Транспорт, 1973. – 303 с.
20. Вол М. Анализ транспортных систем / М. Вол, Б. Мартин. – Москва : Транспорт, 1981. – 514 с.
21. Доля В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах: дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта / В. К. Доля. – Москва : МАДИ, 1993. – 301 с.

22. Системологія на транспорті / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін ; під заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – Київ : Знання України, 2005. – кн. 1: Основи теорії систем і управління. – 344 с.
23. Meyburg A. H., Stopher P. R. Aggregate and dis aggregate travel demand models / A. H. Meyburg, P. R. // Stopher Transportation Engineering Journal ASCE. Proceeding American Society civil Engineers. – 1975. – Vol 1001. – № 2. – P. 237–245.
24. Флойд Р. Кратчайшие пути между всеми парами узлов сети. Экспресс-информация / Р. Флойд // Техн. кібернетика. – 1969. – № 48. – С. 18–20.
25. Панов С. А. Модели маршрутизации на автомобильном транспорте / С. А. Панов. – Москва : Транспорт, 1974. – 152 с.
26. Зырянов В. В. Методы моделирования скачкообразного изменения характеристик транспортных потоков : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта / В. В.Зырянов. – Москва, 1992. – 32 с.
27. Adebisi O. A mathematical model for head way variance of bixed – route buses / O. Adebisi // Transportatio research. – 1986. – Vol 20. – № 1. – P. 59–70.
28. Foti G. Uk modello stocastico uzbano / G. Foti, E. Morello, F. Piglione // Attidell giornate di lavoro. – 1983, 26–28 set. – P. 349–365.
29. Powel W. Probabilistic model of bus route performance / W. Powel, Y. Sheffi // Transportation science. – 1983. – № 4. – P. 376–404.
30. Keski-Rahkonen O. Phohjoismainen tvlipalojen simvloinnin tyopaja / O. Keski-Rahkonen // Palotorjvntatekniika. – 1991. – № 2. – P. 10–11.
31. Modeling and Simulation: Prog. Evr. Simvl. Multicast, Nuremberg, June 10–13, 1190 / Ed. Schmidt Btrnd. – San Diego (Califo): SCCI, 1990. – XIX, 789 p.



32. Hannah M. Pros and cons of computer models / M. Hannah, S. Lay. // Fire. – 1996. – № 1088. – P. 29–30.

33. Anderson P. A mathematical model of an urban route / Anderson P., G. Scalia–Tomba // Transportation research. – 1981. – Vol 15. – P. 249–266.

34. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах : пер. с чеш. / Я. Цибулка. – Москва : Транспорт, 1987. – 239 с.

35. Безбородова Г. В. Моделирование движения автомобиля / Г. В. Безбородова, В. Г. Галушко. – Киев : Вища школа, 1978. – 168 с.

36. Доля В. К. К вопросу моделирования движения автомобилей и выбора водителем пути следования / В. К. Доля, М. А. Григоров // Проблемы бионики : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. Вып. 57. – Харьков : ХНУРЭ, 2002 г. – С. 99–102.

37. Доля В. К. К применению открытых систем в управлении транспортными потоками / В. К. Доля, И. П. Кардаш // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. – Киев : Техніка, 2002. – Вып. 36. – С. 443–445.

38. Енглезі І. П. Ефективність координованого управління транспортними потоками : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 – транспортні системи / І. П. Енглезі. – Київ : НТУ. 2004. – 21 с.

39. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – Москва : Транспорт, 1990. – 240 с.

40. Лобашов О. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах : монографія / О. О. Лобашов ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 170 с.

41. Лобашов А.О. Алгоритм распределения транспортных потоков в городах / А. О. Лобашов, В. В. Лютий // Автомобильный транспорт. – Харьков : ХГАДТУ. – 2000. – С. 101–103.

42. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец. – Москва : Транспорт, 1990. – 255 с.

43. Капитанов В. Г. Управление транспортными потоками в городах / В. Г. Капитанов, Е. Б. Хилажев. – Москва : Транспорт, 1985. – 144 с.
44. Врубель Ю. А. Организация дорожного движения : в 2 частях / Ю. А. Врубель. – Минск : Белорусский фонд организации дорожного движения 1996. – 328 с.
45. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – Москва : Транспорт, 1992. – 207 с.
46. Страментов Е. А. Городское движение: вопросы скорости и безопасности / Е. А. Страментов, М. С. Фишельсон. – Москва : Госстройиздат, 1963. – 294 с.
47. Бегма И. В. Оценка напряжённости водителя на маршруте с целью повышения его работоспособности и безопасности движения / И. В. Бегма // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – 1979. – С. 105–107.
48. Бегма И. В. Оценка напряженности работы водителя в реальных дорожных условиях / И. В. Бегма // Тр. МАДИ. – Москва : 1976. – Вып. 128. – С. 29–34.
49. Бегма И. В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог / И. В. Бегма, Э. В. Гаврилов, Я. А. Калужский. – Москва : Транспорт, 1976. – 88 с.
50. Туманов В. В. Обеспечение рациональных режимов труда и отдыха средствами эксплуатационной службы: дис. ... канд. техн. наук / В. В. Туманов. – Харьков : ХАДИ, 1983. – 206 с.
51. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 392 с.
52. Давідіч Ю. О. Зниження стомлюваності водія міського пасажирського транспорту шляхом раціонального планування параметрів технологічного процесу / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш // Автомобильный транспорт. – 2008. – Вып. 23. – С. 43–45.

53. Давідіч Ю. О. Теоретичні основи ергономічного забезпечення автотранспортних технологічних процесів : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.22.01, 05.01.04 / Ю. О. Давідіч. – Харків, 2007. – 477 с.

54. Коваленко Л. А. Оценка пропускной способности двухполосных автомобильных дорог с учетом закономерностей поведения водителя: дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.22.11 – Автомобільні шляхи та аеродроми / Л. А. Коваленко. – Харьков, 2003. – 191 с.

55. Гаврилов А. А. Моделирование дорожного движения / А. А. Гаврилов. – Москва : Транспорт, 1980. – 189 с.

56. Иванов В. Н. Вопросы психофизиологии человека на автомобильном транспорте / В. Н. Иванов, Н. В. Борисюк, С. А. Елисеева, В. Н. Сытник. – Москва : Высшая школа, 1973. – 308 с.

57. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника / Г. П. Шибанов. – Москва : Машиностроение, 1983. – 263 с.

58. Костюк В. И. Системы отображения информации и инженерная психология / В. И. Костюк, В. Е. Ходаков. – Киев : Вища школа, 1977. – 192 с.

59. Афонин В. А. Теоретические основы информационной техники / В. А. Афонин, В. И. Дмитриев Ф. Е. Темников. – Москва : Энергия, 1971. – 424 с.

60. Адамович Н. В. Управляемость машин (эргономические основы оптимизации рабочего места человека-оператора) / Н. В. Адамович. – Москва : Машиностроение, 1977. – 280 с.

61. Климович Л. С. Психофизиологическое исследование структуры и количественных зависимостей процесса упорядочения человеком зрительно предъявляемых сигналов по шкале приоритетности / Л. С. Климович, В. Д. Магазинник, В. Н. Олещук // В кн. : Проблемы инженерной психологии и эргономики. – Москва, 1974. – Вып. 2. – С. 75–78.

62. Стокфельт Т. Деятельность в условиях стресса, вызванного мотивацией / Т. Стокфельт // Эмоциональный стресс.– Ленинград, 1970. – С. 75–79.

63. Гаврилов Э. В. Структура командного сигнала в ориентировочной деятельности водителя / Э. В. Гаврилов. – Эргономика и НОТ. – Киев : Знание, 1972.

64. Ломов Б. Ф. Военная инженерная психология / под ред. Б. Ф. Ломова и др. – Москва : Воениздат, 1970. – 398 с.

65. Бабков В. Ф. Неотложные задачи развития научных исследований в области безопасности и организация движения / В. Ф. Бабков. – Москва : Тр. МАДИ, 1975. – Вып. 95. – С. 3–14.

66. Бируля А. К. Методы исследования движения на автомобильных дорогах / А. К. Бируля. – Харьков : Тр. ХАДИ, 1954. – Вып.17. – С. 15–20.

67. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – Москва : Транспорт, 1980. – 311 с.

68. Rehborn H. An empirical study of common traffic congestion features based on traffic data measured in the USA, the UK, and Germany / H. Rehborn, S. L. Klenov, J. Palmer // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2011. – Vol 390. – №. 23. – P. 4466–4485.

69. Davis L. C. Mitigation of congestion at a traffic bottleneck with diversion and lane restrictions / Davis L. C. // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2012. – Vol 391. – № 4. – P. 1679–1691.

70. Kalajžić M. Simulation Model of Traffic Jam at Crossroads / M. Kalajžić, K. Miloš, M. Muić // Promet-Traffic&Transportation. – 2012. – Vol 14. – №. 6. – P. 309–317.

71. Arnott R. The economics of traffic congestion / R. Arnott, K. Small // American Scientist. – 1994. – P. 446–455.

72. Tabuchi T. Bottleneck congestion and modal split / T. Tabuchi // Journal of Urban Economics. – 1993. – Vol 34. – №. 3. – P. 414–431.

73. Lewis N. C. Traffic congestion and road pricing / N. C. Lewis // Proceedings of the ICE-Transport. – 1996. – Vol 117. – № 2. – P. 122–135.

74. Small K. A. Using the revenues from congestion pricing: A southern California case study / K. A. Small // Reason Public Policy Institute. – 1992. – №. 145.

75. Hau T. D. Instruments for charging congestion externalities / T. D. Hau // Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy. – Springer Netherlands, 1995. – P. 223–234.

76. Graham D. J. Road traffic demand elasticity estimates – a review / D. J. Graham, S. Glaister // Transport Reviews. – 2004. – Vol 24. – № 3. – P. 261–274.

77. Sumalee A. Comparison of judgmental and optimal road pricing cordons / A. Sumalee, A .D. May, S. P. Shepherd // Transport Policy. – 2005. – Vol 12. – P. 384–390.

78. Venables A. J. Road transport improvements and network congestion / A. J. Venables // Journal of Transport Economics and policy. – 1999. – P. 319–328.

79. Cameron M. A. Consumer surplus analysis of market-based demand management policies in Southern California / M. A. Cameron // Transport Policy. – 1994. – Vol 1 – №. 4. – C. 213–220.

80. Cantillo V. Restricción vehicular según número de patente: requiem para una política errónea / V. Cantillo, J. Ortúzar // Revista Ingeniería de Sistemas. – 2012. – Vol 26. – P. 7–22.

81. Baddour J. Insularity and sustainable transport: Challenges and perspectives-Reunion Island, a case in point / J. BaddourJ., J. Percebois // International Journal of Energy Sector Management. – 2012. – Vol. 6 – №. 4. – P. 558–568.

82. Qiong T. A Spatial Model Based on Dynamic Rail Commuter Equilibrium in a Monocentric City / T. Qiong, H. Haijun, M. Hui // New Trends in Information and Service Science, 2009. NISS'09. International Conference on. – IEEE, 2009. – P. 1176–1179.

83. Cien T. T. Bottleneck traffic congestion under alternative work schedules with various step toll schemes / T. T. Cien // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. – 1999. – № 6. – Vol. 3.

84. Poole R. W. Introducing congestion pricing on a new toll road / R. W. Poole // Transportation. – 1992. – Vol 19. – № 4. – P. 383–396.

85. Rouwendal J. Driver behavior and congestion on highways / J. Rouwendal // Ersa conference papers, European Regional Science Association. – 1998.

86. Santos G. Urban Congestion Charging: A Second Best Alternative / G. Santos // Journal of Transport Economics and Policy. – 2004. – Vol 38 – Part 3. – P. 345–369.

87. Jian Daniel S. U. N. Research and analysis on causality and spatial-temporal evolution of urban traffic congestions – a case study on Shenzhen of China / S. U. N. Jian Daniel, L. I. U. Qiong, P. Zhongren // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. – 2011. – Vol 11. – № 5. – P. 86–93.

88. Zhang L. Widespread Traffic Congestion Prediction for Urban Road Network Based on Synergetic Theory / L. Zhang, Y. Jia, Z. Niu, C. Liao // Journal of Systems Science and Information. – 2014. – Vol 2. – № 4. – P. 366–371.

89. Yang S. On feature selection for traffic congestion prediction / S. Yang // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2013. – Vol 26. – P. 160–169.

90. Tsekeris T. City size network structure and traffic congestion / T. Tsekeris, N. Geroliminis // Journal of Urban Economics. – 2013. – Vol 76. – P. 1–14.

91. Arnott R. A bathtub model of downtown traffic congestion / R. Arnott // *Journal of Urban Economics*. – 2013. – Vol 76. – P. 110–121.
92. Li F. Yao X., Jiang L., Li Y. Driving anger in China: Psychometric properties of the Driving Anger Scale (DAS) and its relationship with aggressive driving / F. Li, X. Yao, L. Jiang, Y. Li // *Personality and individual differences*. – 2014. – Vol 68. – P. 130–135.
93. Jeon M. Effects of specific emotions on subjective judgment, driving performance, and perceived workload / M. Jeon, B. N. Walker, J. Yim // *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*. – 2014. – Vol 24. – P. 197–209.
94. Zhang T. Dimensions of driving anger and their relationships with aberrant driving / T. Zhang, A. H. S. Chan, W. Zhang // *Accident Analysis & Prevention*. – 2015. – Vol 81. – P. 124–133.
95. Stephens A. N. Drivers Display Anger-Congruent Attention to Potential Traffic Hazards / A. N. Stephens, S. L. Trawley, R. Madigan, J. A. Groeger // *Applied cognitive psychology*. – 2013. – Vol 27. – №. 2. – P. 178–189.
96. Qi W. Pattern Analysis of Driver's "Pressure-State-Response" in Traffic Congestion / W. Qi, Y. Pei, M. Song, Y. Bie // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. – 2013.
97. Guého L. French validation of a new version of the Driver Behavior Questionnaire (DBQ) for drivers of all ages and level of experiences / L. Guého, M. A. Granie, J. C. Abric // *Accident Analysis & Prevention*. – 2014. – Vol 63. – P. 41–48.
98. Hennessy D. A. The relationship between traffic congestion, driver stress and direct versus indirect coping behaviours / D. A. Hennessy, D. L. Wiesenhal // *Ergonomics*. – 1997. – Vol 40. – № 3. – P. 348–361.
99. Song H. S. A study of Drivers' Behaviors using a Driving Simulator (with Special Reference of Driving Anger and Traffic Congestion / H. S. Song, Y. G. Sin, S. C. Gang // *Journal of Korean Society of Transportation*. – 2005. – Vol 23. – №. 2. – P. 61–74.

100. Johnson M. B. Warning drivers about potential congestion as a means to reduce frustration-driven aggressive driving / M. B. Johnson, S. McKnight // Traffic injury prevention. – 2009. – Vol 10. – № 4. – P. 354–360.

101. Wang W. A Review of Traffic Incident Duration Analysis / W.Wang, H. Chen, M. C Bell // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. – 2005. – № 5. – P. 127-140

102. Harish M. A study on air pollution by automobiles in Bangalore city / M. Harish // Management Research and Practice. – 2012. – №. 3. – P. 36.

103. Goddard H. C. Instruments for Attaining Urban Sustainability The Case for Tradable Vehicle Use Permits / H. C. Goddard // Social Costs and Sustainable Mobility. – Physica-Verlag HD, 2000. – P. 189–196.

104. Rapport D. J. An EcoHealth-based framework for State of Environment Reporting / D. J. rapport, A. Singh // Ecological Indicators. – 2006. – Vol 6. – № 2. – P. 409–428.

105. Нойман И. Организация труда. Психофизиологические проблемы контроля и управления / И. Нойман, К.-П. Тимпе. – Москва : Экономика, 1975. – 104 с.

106. Finkelman J. M. Reappraisal of the relationship between noise and human performance by means of a subsidiary task measure / Finkelman J. M., Glass D. C. // Journal of Applied Psychology. – 1970. – № 54. – P. 211–213.

107. Finkelman J. M. Noise and driver performance / J. M. Finkelman, L. R. Zeitlin, J. A. Filippi, M. A. Friend // Journal of Applied Psychology. – 1977. – № 62. – P. 713–718.

108. Зараковский Г. М. Введение в эргономику / Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен ; под ред. В. П. Зинченко. – Москва : Советское радио, 1974. – 352 с.

109. Ломов Б. Ф. Вопросы общей, педагогической и инженерной психологии / Б. Ф. Ломов. – Москва : Педагогика, 1991. – 296 с.



110. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональной системы / П. К. Анохин // Принципы системной организация функций. – Москва : Наука, 1973. – С. 5–61.

111. Игнатов Н. А. Психофизиологические основы труда шофера / Н. А. Игнатов. – Москва : Высшая школа, 1969. – 102 с.

112. Мишурин В. М. Надежность водителя и безопасность движения / В. М. Мишурин, А. Н. Романов. – Москва : Транспорт, 1990. – 167 с.

113. Пуни А. Ц. Некоторые вопросы теории воли и волевая подготовка в спорте / А. Ц. Пуни // Кн. : Психология и современный спорт. – Москва : Физкультура и спорт, 1973. – С. 144–162.

114. Пуни А. Ц. Психологические основы волевой підготовки в спорте : учеб. пособие / А. Ц. Пуни. – Ленинград : ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта, 1977. – 48 с.

115. Ильина М. Н. Связь способности к проявлению выносливости и волевого усилия с некоторыми психофизиологическими и психовозрастными характеристиками человек : автореф. дисс. ... канд. психол. наук. / М. Н. Ильина. – Ленинград, 1976. – 24 с.

116. Ротенберг Р. В. Время реакций водителей / Р. В. Ротенберг, Ш. И. Хубелашвили // Автомобильный транспорт. – 1977. – № 8. – С. 54–56.

117. Törnros J. Effect of driving speed on reaction time during motorway driving / J. Törnros // Accident Analysis & Prevention. – 1995. – Vol 27. – № 4. – P. 435–442.

118. Magister T. The driver reaction time measurement experiences / T. Magister, R. Krulec, M. Batista, L. Bogdanović // Innovative Automotive Technology – IAT. – 2005. – № 5.

119. Jurecki R. S., & Stanczyk T. L. (2011). The test methods and the reaction time of drivers / R. S. Jurecki, T. L. Stanczyk // Eksploatacja i Niezawodnosc-Maintenance and Reliability. – 2011. – № 3. – P. 84–91.

120. Dannert G. Grundprobleme der Reaktionszeit des Kraftfahrers / G. Dannert // Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik. – 1998. – Vol 36. – № 12.

121. Stańczyk T. L., & Jurecki R. Czasy reakcji kierowców w stanach zagrożenia wypadkowego / T. L. Stańczyk, R. Jurecki // In WSB im. J. Chrapka w Radomiu. Materiały II Konferencji : Rozwój techniki samochodowej a ubezpieczenia komunikacyjne. – Radom, 2006. – Vol 7. – № 8. – P. 321–348.

122. Stańczyk T. L. Badania reakcji kierowców w symulowanych sytuacjach wypadkowych / T. L. Stańczyk, Z. Lozia, W. Pieniążek, R. S. Jurecki // Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów. – Politechnika Warszawska, 2010. – P. 27–52.

123. Roidl E. The emotional spectrum in traffic situations: Results of two online-studies / E. Roidl, B. Frehse, M. Oehl, R. Höger // Transportation research part F: traffic psychology and behaviour. – 2013. – Vol. 18. – P. 168–188.

124. Lerner N. D. Brake perception-reaction times of older and younger drivers / N. D. Lerner // In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting. – 1993. – Vol. 37. – № 2. – P. 206–210.

125. Nishida Y. Driving characteristics of the elderly: risk compensation of the elderly driver from the viewpoint of reaction behavior / Nishida Y. // JSAE review. – 1999. – Vol. 20. – № 3. – P. 375–380.

126. Френкель А. А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда / А. А. Френкель. – Москва : Экономика, 1966. – 96 с.

127. Бортницкий П. И. Тягово-скоростные качества автомобилей / П. И. Бортницкий, В. И. Задорожный. – Киев : Вища школа, 1978. – 176 с.

128. Фолькевич Б. С. Теория автомобиля / Б. С. Фолькевич. – Москва : Высшая школа, 1963. – 239 с.

129. Гримкевич А. И. Автомобили / А. И. Гримкевич. – Минск: Вища школа, 1986. – 208 с.

130. Говорущенко Н. Я. Основы теории эксплуатации автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – Киев : Вища школа, 1977. – 232 с.

131. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – Киев : Вища школа, 1986. – 447 с.
133. Егоров А. С. Психофизиология умственного труда / А. С. Егоров, В. П. Загрядский. – Ленинград : Наука, 1973. – 132 с.
134. Эргономика : учебник / Под ред. Г. В. Суходольского, А. А. Крылова. – Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. – 184 с.
135. Навакатилян А. О. Физиология и гигиена умственного труда / А. О. Навакатилян, В. В. Крыжановская, В. В. Кальниш. – Киев.: Здоров'я, 1987. – 162 с.
136. Макаренко Н. В. Определение функциональной подвижности нервной системы человека на приборе ПНН-3 / Н. В. Макаренко, Н. В. Кольченко, Ю. Л. Майдинов // Журн. высш. нерв. деятельности. – 1984. – Т.34. – №5. – С. 972–974.
137. Буров О. Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності: : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.01.04 – ергономіка / О. Ю. Буров. – Харків, 2007. – 357 с.
138. Вопросы зрительной работоспособности / под ред. В. П. Зинченко, А. И. Коган, В. М. Мунипов и др. – Москва : ВНИИИТЭ, 1971. – 216 с.
139. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда / Р. В. Ротенберг. – Москва : Машиностроение, 1986. – 216 с.
140. Губинский А. И. Понятие отказа применительно к человеку-оператору / А. И. Губинский, Ю. В. Суходольский // В кн : Инженерная психология в приборостроении – М., 1967. – С. 124–131.
141. Психофизиология оператора в системах человек – машина / К. А. Иванов-Муромский, О. Н. Лукьянова, В. А. Черноморец и др. – Киев : Наук. думка, 1980. – 344 с.

142. Небылицын В. Д. К изучению надежности работы человека-оператора в автоматизированных системах / В. Д. Небылицын // Вопросы психологии. – 1961. – № 6. – С. 9–18

143. Гуревич К. М. Профессиональная пригодность и основные свойства нервной системы / К. М. Гуревич, В. Ф. Матвеев. – Москва : Наука, 1970. – 272 с.

144. Алетницкий Е. А. Напряженность в полете / Е. А. Алетницкий, В. Л. Марищук, К. К. Платонов. – Москва : Воениздат, 1969. – 117 с.

145. Милерян Е. А. О надежности оператора в разных режимах его работы / Е. А. Милерян // Вопросы психологии. – 1971. – № 4. – С. 60–69.

146. Зильберман П. Б. Эмоциональная устойчивость оператора / П. Б. Зильберман // В кн.: Очерки психологии труда оператора. М., 1974. – С. 138–173.

147. Солодкова А. В. О влиянии эмоциональных состояний на мышление оператора / А. В. Солодкова // В кн. Очерки психологии труда операторам. – Москва, 1974. – С. 119–138.

148. Генес В. С. О повышении надежности труда железнодорожных машинистов / В. С. Генес, Ю. М. Мадневский // В кн. : Очерки психологии труда оператора. – Москва, 1974. – С. 173–186.

149. Бондарев Д. В. О работоспособности человека-оператора при воздействии экстремальных факторов / Д. В. Бондарев, Б. А. Егоров, В. А. Марищук // Эксперим. и прикл. психология. – 1971. – Вып. 3. – С. 46–51.

150. Hammerton V. Violent exercise and cognitive task / V. Hammerton // Ergonomics. – 1971. – Vol 14. – № 2. – P. 241–250.

151. Аверьянов В. С. К вопросу о динамике работоспособности оператора / В. С. Аверьянов, К. С. Точилов // Нервная система. – 1970. – Вып. 10. – С. 34–42.

152. Золотухин А. Н. Психофизиологические изменения в экстремальных условиях / А. Н. Золотухин, С. Е. Кошмалюк // В кн. : Авиационная и космическая медицина. – Москва, 1969. – т. 1. – С. 241–244.

153. Смолян Г. А. Инженерно-психологическое исследование человеко-машинных систем / Г. А. Смолян // Вопросы психологии. – 1971. – № 5. – С. 150–156.

154. Сурков Е. Д. К вопросу о некоторых особенностях решения оперативных задач в экстремальных условиях / Е. Д. Сурков // Проблемы общ. соц. и инженерной психологии. – 1968. – вып. 2. – С. 84–96.

155. Шамров Д. Г. К вопросу оценки психофизиологических возможностей оператора в системе «человек-машина» / Д. Г. Шамров // Проблемы инженерной психологии. – 1966. – Вып. 4. – С. 171–186.

156. Crave I. E. Pilot's fatigue and emotional problems / I. E. Crave // Fright Mag. – 1972. – Vol 61. – № 2. – P. 161–170.

157. Hale H. B. Physiologic stress during 50 hour doublew missins in C-141 aircraft / H. B. Hale, B. O. Hartman, D. A. Datz // Aerospace Med. – 1972. – Vol 43. – № 3. – P. 138–148.

158. Крамник М. Е. К проблеме диагностики уровня бодрствования человека-оператора в условиях монотонной работы / М. Е. Крамник, Л. Ф. Соловьев, Д. М. Эльберт // В кн. : Материалы конф. «Биол. и мед. кибернетика». – Москва, 1974. – Ч. 5. – С. 134–136.

159. Неймарк М. С. Психологический анализ эмоциональных реакций на трудности в работе / М. С. Неймарк // В кн.: Вопросы психологии личности школьника. – Москва, 1961. – С. 31–35.

160. Шадрин В. Д. Классификация видов корректирующей информации с позиций информационно-энергетических отношений / В. Д. Шадрин, Т. А. Корнеева // Проблемы инженерной психологии и эргономики. – 1974. – Вып. 1. – С. 68–70.

161. Леонова А. Б. Психодиагностика функциональных состояний человека / А. Б. Леонова. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.
162. Блок В. Уровни бодрствования и внимания / В. Блок, под ред. П. Фресса и Ж. Пиаже // В кн. : Экспериментальная психология. – Москва, 1970. – С. 97–146.
163. Гюлев Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта / Н. У. Гюлев. – Харьков, 1993. – 139 с.
164. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / под. ред. В. И. Медведева. – Ленинград : Наука, 1984. – 140 с.
165. Гюлев Н. У. Экспериментальное определение транспортного утомления пассажиров при поездке на работу / Н. У. Гюлев, В. К. Доля, О. В. Доля // Деп. в УкрНИИНТИ 18.06.90 г. № 1136 – Ук90 (Киев).
166. Медведев В. И. Физиологическое нормирование в трудовой деятельности / В. И. Медведев. – Ленинград : Наука, 1988. – 127 с.
167. Игнатов Н. А. Инженерная психология, психофизиология труда и подготовка водителя автомобиля / Н. А. Игнатов, В. А. Иларионов, В. М. Мишуринов. – Москва : МАДИ, 1979. – 96 с.
168. Пратусевич Ю. М. Острое и хроническое умственное утомление по показателю мозгового кровообращения / Ю. М. Пратусевич // V Всесоюзн. конф. по нейрохирургии нервной системы. – Тбилиси, 1968. – С. 76–84.
169. Смирнов К. М. Напряжение и утомление / К. М. Смирнов // Физиол. журнал СССР им. Сеченова. – 1979. – Т. 65. – № 12. – С. 1754–1759.
170. Розенблат В. В. Проблема утомления / В. В. Розенблат. – Москва : Медицина, 1975. – 240 с.

171. Кристьяхан Ю.Я. Субъективные и объективные методы в диагностике утомления / Ю. Я. Кристьяхан // Гигиена труда. – 1983. – № 3. – С. 29–33.
172. Руководство по физиологии труда / под ред. проф. З. М. Золиной и проф. Ф. Измерова. – Москва : Медицина, 1983. – 528 с.
173. Багрецов С. А. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний операторов в деятельности. Вопросы проектирования и применения / С. А. Багрецов, С. К. Колганов, В. М. Львов. – Москва : Радио и связь, 2000. – 192 с.
174. Эргономика: принципы и рекомендации : метод. руководство. – Москва : ВНИИТЭ, 1983. – 183 с.
175. Hockey G. R. J. Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high work-load : a cognitive energetical framework / G. R. J. Hockey // Biol. Psychol. – 1997. – № 45. – P. 73–93.
176. Meijman T. F. Mentale Fatigue and the Efficiency of informationProcessing in Relation to Work Times / Meijman T. F. // International Journal of Industrial Ergonomics. – 1997. – Vol 20. – P. 31–38.
177. Соколов Е. Н. Нейронные механизмы памяти и обучения / Е. Н. Соколов. – Москва : Наука, 1981. – 139 с.
178. Горбов Ф. Д. Детерминация психических состояний / Ф. Д. Горбов // Вопросы психологии. – 1971. – № 5. – С. 20–29.
179. Левитов Н. Д. О психических состояниях человека / Н. Д. Левитов. – Москва : Просвещение, 1964. – 344 с.
180. Медведев В. И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов / В. И. Медведев. – Ленинград : Наука : Ленингр. отд-ние, 1982. – 103 с.
181. Анастаси А. Психологическое тестирование / А. Анастаси. – Москва : Педагогика, 1982. – 205 с.

182. Ильин Е. П. Теория функциональной системы и психофизиологические состояния / Е. П. Ильин // В кн.: Теория функциональных систем в физиологии и психологии. – Москва : Наука, 1978. – С. 325–346.
183. Введение в эргономику / под ред. В. П. Зинченко. – Москва : Советское радио, 1974. – 352 с.
184. Cooper C. L. Sources of managerial and white collar stress / C. L. Cooper, J. Marshall // In: Stress at work. Ed. by C.L. Cooper and R. Payne. – Wilcy, 1978. – P. 81–105.
185. Selye H. Stress in health and disease / H. L. Selye. – Boston, 1976. – 536 p.
186. Cameron C. A theory of fatigue / C. A. Cameron // Man under stress / Ed. by A.T. Welford. – London : Taylor and Francis, 1975. – P. 67–82.
187. Наенко Н. И. Психическая напряженность / Н. И. Наенко. – Москва : МГУ, 1976. – 112 с.
188. Асеев В. Г. Проблема монотонности в трудах зарубежных авторов / В. Г. Асеев // Вопросы психологии. – 1975. – № 1. – С. 21–24.
189. Ильин Е. П. Оптимальные характеристики работоспособности человека: автореф. дис. ... докт. пед. наук : спец. 19.00.03 – инженерная психология труда / Е. П. Ильин. – Ленинград, 1968. – 32 с.
190. Сергеев С. Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред : учеб. пособие / С. Ф. Сергеев. – Санкт-Петербург : СПбГУ ИТМО, 2011. – 258 с.
191. Волков В. Г. Методы и устройства для оценки функционального состояния и уровня работоспособности человека-оператора / В. Г. Волков, В. М. Машкова. – Москва : Наука, 1993. – 208 с.
192. Середа Г. К. Инженерная психология / Г. К. Середа, С. Л. Бочарова, Г. В. Репкина, Б. А. Смирнов. – Киев : Вища школа, 1976. – 308 с.



193. Клебельсберг Д. Транспортная психология : пер. с нем. / Д. Клебельсберг ; под ред. В. Б. Мазуркевича. – Москва : Транспорт, 1989. – 367 с.
194. Johannsen G. Nebenaufgaben als Beanspruchungsmeßverfahren in Fahrzeugfuhraufgaben / G. Johannsen // Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. – 1976. – № 30. – Р. 45–50.
195. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга (курс лекций) / В. И. Гусельников. – Москва : Высшая школа, 1976. – 423 с.
196. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии / Л. Р. Зенков. – Таганрог : Изд-во Медиком – Лтд., 1996. – 358 с.
197. Кулаичев А. П. Компьютерная электрофизиология / А. П. Кулаичев // 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГУ, 2002. – 380 с.
198. Уолтер Г. Живой мозг / Г. Уолтер. – Москва : Мир, 1966. – 300 с.
199. Хессет Дж. Введение в психофизиологию / Дж. Хессет. – Москва : Мир, 1981. – 248 с.
200. Шульговский В. В. Физиология высшей нервной деятельности с основами нейробиологии / В. В. Шульговский. – Москва : Академия, 2003. – 464 с.
201. Серова Е. Н. Кожно-гальваническая реакция: теория и новые методические подходы / Е. Н. Серова, Ю. П. Иванов // Медицинские науки. – 2007. – № 5. – С. 52–56.
202. Дорохов В. Б. Половые различия в электродермальной активности при разных уровнях бодрствования / В. Б. Дорохов, В. В. Дементиенко, Л. Г. Коренева // Физиология человека. – 2000. – Т. 2. – № 4. – С. 136–139.
203. Зорин В. К. Автоматизированная система регистрации параметров кожно-гальванической реакции / В. К. Зорин, С. Г. Сапфиров, В. В. Суходоев // Медицинская техника. – 1986. – №1. – С. 18–20.

204. Ищенко Л. Н. Автоматизированный комплекс для многопараметрического анализа сигнала кожно-гальванического рефлекса / Л. Н. Ищенко, П. П. Шевьев // Мед. техника. – 1989. – № 3. – С. 50–53.

205. Суходоев В. В. Методическое обеспечение измерений, анализа и применения параметров кожно-гальванических реакций человека / В. В. Суходоев // Проблемность в профессиональной деятельности : сб. статей. – Москва : Издательство института психологии РАН, 1999. – С. 303–328.

206. Хасцаев Б. Д. Импеданс кожи и аналоговые мостовые устройства для его измерения / Б. Д. Хасцаев // Медицинская техника. – 1995. – № 2. – С. 20–23.

207. Venables P. H. Mechanisms, instrumentations, recording techniques and quantification of responses / P. H. Venables, W. Montana, M. J. Christie // Electrodermal activity in Psychological Research / Eds. W. F. Prokasy, D. C. Raskin : Academic Press, 1973. P. I.

208. Тарханов И. Р. О гальванических явлениях в коже человека при раздражении органов чувств и различных формах психической деятельности / И. Р. Тарханов // Вестник клинической и судебной психиатрии и неврологии. – 1889. – Т. 7. – № 1 – С. 73–75.

209. Dowson M. E. The electrodermal system / M. E. Dowson, A. M. Shell, D. N. Filton // Principles of Psychophysiology / Ed. J. T. Cacioppo. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990. – P. 295.

210. Слынько П. П. Потоотделение и проницаемость кожи / П. П. Слынько. – Киев : Наукова Думка, 1973. – 255 с.

211. Махнев В. П. Модель формирования электрического потенциала кожи / В. П. Махнев, А. С. Осенний // Биофизика. – 1991. – № 3. – С. 530–533.

212. Шпунт В. Х. Динамические электрические свойства кожи человека / В. Х. Шпунт // Мед. техника, 1997. – С. 38–48.

213. Черноусов С. В. Устойчивый потенциал кожи и кожно-гальваническая реакция / С. В. Черноусов // Кубан. научн. мед. вестн., 1997. – №1/3. – С. 125–126.

214. Жуков А. Г. Биоэнергетические нарушения у метеочувствительных больных артериальной гипертензией: автореф. дис. ... канд. мед. наук.: спец. 14.00.06 – кардиология, спец. 14.00.16 – патологическая физиология / А. Г. Жуков. – Нижний Новгород, 2003. – 24 с.

215. Иванов В. Р. Электрические потенциалы кожи в диагностике заболеваний органов брюшной полости / В. Р. Иванов // Актуальные вопросы клинической хирургии. – 1993. – С. 59–64.

216. Сятковская Н. В. Роль сопряженных вегетососудистых и гомеостатических реакций в патогенезе психосоматических расстройств / Н. В. Сятковская // Мед. новости. – 1999. – № 6. – С. 47–48.

217. Jacobs S. C. Use of skin condactions changes during mental stress testing as an index of automatic arousal in cardiovascular research / S. C. Jacobs, R. Fridman, J. D. Parker // Amer. Heart. J. – 1994. – Vol 128. – № 6. – Pt. LP 1170.

218. Shell A. M., Dawson M. E., Filion D. L. Psychophysiological correlates of electrodermal lability / A. M. Shell, M. E. Dawson, D. L. Filion // Psychophysiology. – 1983. – № 20. – P. 498.

219. Суходоев В. В. Оценка компонентов активации психофизиологического состояния человека по кожно-гальванической реакции / В. В. Суходоев // Психологический журнал. – 1997. – Том 18. – № 5. – С. 112–121.

220. Тарханов И. Р. О гальванических явлениях в коже человека при раздражениях органов чувств и различных формах психической деятельности / И. Р. Тарханов. – Таллин : «Саготи Сакартивело», 1961. – С. 41–50.

221. Соколов Е. Н. К вопросу о кожно-гальваническом компоненте ориентировочного рефлекса / Е. Н. Соколов // В сб. Ориент. рефлекс и вопросы высшей нервной деятельности. – Москва, изд. АПН РСФСР, 1959. – С. 52–76.

222. Ломов Б. Ф. Человек и техника. Очерки инженерной психологии / Б. Ф. Ломов. – Москва : Советское радио, 1966. – 461 с.

223. Лукьянов А. Н. Сигналы состояния человека-оператора / А. Н. Лукьянов, М. В. Фролов. – Москва : Наука, 1969. – 217 с.

224. Лобанов Е. М. Роль человеческого фактора в организации и безопасности движения / Е. М. Лобанов. – Москва : Тр. МАДИ, 1968. – Вып. 27. – С. 89–102.

225. Лобанов Е. М. Оценка сложности дорожных русловий по изменению кожно-гальванической реакции водителя / Е. М. Лобанов. – Москва : Тр. МАДИ, 1972. – Вып. 37. – С. 11–23.

226. Лобанов Е. М. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог / Е. М. Лобанов, В. М. Визгалов, А. П. Шевяков. – Москва : Транспорт, 1972. – 232 с.

227. Лобанов Е. М. Дорожные условия и эмоциональная напряженность водителя / Е. М. Лобанов. – Москва : Тр. МАДИ, 1973. – Вып. 52. – С. 109–118.

228. Лобанов Е. М. Время реакции водителя / Е. М. Лобанов. – Москва : Тр. МАДИ, 1975. – Вып. 95. – С. 81–110.

229. Лобанов Е. М. Методика оценки эмоционального состояния водителей с использованием психофизиологических показателей / Е. М. Лобанов, В. В. Новизенцев. – Москва : Тр. МАДИ, 1975. – Вып. 95. – С. 110–132.

230. Костюк В. И. Системы отображения информации и инженерная психология / В. И. Костюк, В. Е. Ходаков. – Киев : Вища школа, 1977. – 192 с.

231. Лебедев А. Н. Время восприятия цифровых символов / А. Н. Лебедев, И. А. Комарова, Л. О. Косарева // В кн. : Проблемы инженерной психологии и эргономики. – Ярославль: ЯГУ, 1974. – Вып 1. – С. 179–181.

232. Вербельская В. М. Особенности частотно-критической и частотно-контрастной чувствительности глаза на цвета при атрофии зрительного нерва / В. М. Вербельская, О. А. Лебенкова // Актуальные вопросы социальной офтальмологии : сб. науч. тр. – Москва : ЦИЭТИН, 1988. – Вып. 2. – С. 43–47.

233. Матюшко Н. Г. Определение критической частоты слияния световых мельканий у больных рассеянным склерозом / Н. Г. Матюшко, С. В. Скицюк // Врачебное дело. – 1990. – Т. 2. – С. 92–93.

234. Шамшинова А. М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А. М. Шамшинова, В. В. Волков. – Москва : Медицина, 1999. – 416 с.

235. Кравков С. В. Глаз и его работа. Психофизиология зрения, гигиены освещения / С. В. Кравков. – Москва : Изд-во АН СССР, 1950. – 531 с.

236. Голубцов К. В. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека / К. В. Голубцов, И. Г. Куман, Т. С. Хейло // Информационные процессы. – 2003. – Т. 3. – № 2. – С. 114–122.

237. Егорова Т. С. КЧСМ в определении зрительной работоспособности слабовидящих школьников / Т. С. Егорова, К. В. Голубцов // Информационные процесс. – 2002. – Т. 2 – № 1 – С. 106–110.

238. Рогатина Е. В. Критическая частота слияния мельканий в дифференциальной диагностике патологии зрительного анализатора / Е. В. Рогатина, К. В. Голубцов // Вестник офтальмологи. – 1997. – Т. 113. – № 6. – С. 20–21.

239. Роженцев В. В. Метод повышения точности и сопоставимости результатов измерений критической частоты световых мельканий / В. В. Роженцев, И. В. Петухов // Современная техника и технологии в медицине и биологии : матер. II науч.-практ. конф. – Новочеркасск, 2001. – С. 52–53.

240. Петухов И. В. Психофизиологические исследования свойств нервной системы человека / И. В. Петухов // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12 – С. 159–161.

241. Пейсахов Н. М. Саморегуляция и типологические свойства нервной системы / Н. М. Пейсахов. – Казань : Изд-во Казанск. ун-та, 1974. – 253 с.

242. Макаренко Н. В. Критическая частота световых мельканий и переделка двигательных навыков / Н. В. Макаренко // Физиология человека. – 1995. – Т. 21. – № 3. – С. 13–17.

243. Голиков Н. В. Функциональная лабильность и ее изменения при основных нервных процессах / Н. В. Голиков. – Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1950. – 240 с.

244. Медико-биологические проблемы на автотранспорте: сб. науч. тр. / Под общ. ред. А. И. Вайсмана. – Москва : НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 1982. – 128 с.

245. Вайсман А. И. Об особенностях методики изучения критической частоты мельканий / А. И. Вайсман, В. И. Жуковский, О. А. Мальцев // Медико-биологические проблемы на автотранспорте. – Москва : НИИ гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана, 1982. – С. 97–102.

246. Воробьев К. П. Клинико-физиологический анализ категории функционального состояния организма в интенсивной терапии / К. П. Воробьев // Вестник интенсивной терапии. – 2001. – № 2. – С. 3–8.

247. Дмитриева Т. Б. Социальный стресс и психическое здоровье / Т. Б. Дмитриева, А. И. Воложин. – Москва : ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2001. – 248 с.

248. Медведев В. И. Психофизиологический потенциал как фактор устойчивости популяции в условиях глобальных изменений природной среды и климата / В. И. Медведев, Г. М. Зараковский // Физиология человека. – 1994. – Т. 20. – № 4. – С. 4–5.

249. Агаджанян Н. А. Проблемы адаптации и учение о здоровье : учеб. пособие / Н. А. Агаджанян, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – Москва : Изд-во РУДН, 2006. – 284 с.

250. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. – Москва : Наука, 1984. – 222 с.

251. Доля В. К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / В. К. Доля. – Харьков : Изд-во «Основа» при Харьк. гос. ун-те, 1992. – 144 с.

252. Баевский Р. М. Ритм сердца у спортсменов / Р. М. Баевский. – Москва : Физкультура и спорт, 1996. – 143 с.

253. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – Москва : Медицина, 1979. – 298 с.

254. Болсунова М. Я. Суточные и сезонные изменения регуляции сердечного ритма у механизаторов сельского хозяйства / М. Я. Болсунова // Физиология человека. – 1978. – Т. 4. – № 2. – С. 323–327.

255. Молдовская С. И. Физиологическое обоснование рационального режима работы водителей такси / С. И. Молдовская, В. Ф. Загородная // Физиология человека. – 1976. – Т. 4. – № 2. – С. 318–322.

256. Никулина Г. А. Исследование статистических характеристик сердечного ритма как метод оценки функционального состояния организма при экстремальных воздействиях : автореф. дис. ... канд. мед. наук: спец. 03.19.02 / Г. А. Никулина. – Москва : 1974. – 23 с.

257. Воскресенский А. Д. Статистический анализа сердечного ритма и показателей гемодинамики в физиологических исследованиях / А. Д. Воскресенский, М. Д. Вентцель. – Москва : Наука, 1974. – 222 с.

258. Парин В. В. Космическая кардиология / В. В. Парин, Р. М. Баевский, Ю. Н. Волков, О. Г. Газенко. – Ленинград : Медицина, 1967. – 206 с.

259. Рагозин А. Н. Компьютерная программа для оценки функционального состояния учащихся средних школ [Электронный ресурс] / А. Н. Рагозин, Д. Ю. Кононов, А. М. Усынин, М. В. Михайлов. – Режим доступа: <http://cdo.susu.ac.ru>.

260. Ренч М. Принципы использования вариабельности сердечного ритма для комплексной оценки состояния машинистов в процессе их деятельности [Электронный ресурс] / М. Ренч, Б. Лиземайер, Ю. Н. Семенов и др. – Режим доступа : <http://space.copris.com>.

261. Определение функционального состояния: психофизиологических резервов организма, состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, уровня стресса и стрессоустойчивости [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://medelina.d2d.ru>.

262. Вайсман А. И. Особенности изменения регуляции сердечной деятельности при повторяющихся эмоциональных нагрузках в динамике рабочей смены / А. И. Вайсман, Г. А. Ермакова // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – Москва : Медицина, 1979. – С. 6–8.



263. Кочуев В. Н. Возможности аппаратно-программных средств для оценки функционального состояния водителей автомобилей [Электронный ресурс] / В. Н. Кочуев, Н. В. Кочуев. – Режим доступа : <http://space.copris.com>.

264. Научный лечебно-диагностический центр «Дельф» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sova.ru>.

265. Бутуханов В. В. Функциональная диагностика XXI века [Электронный ресурс] / В. В. Бутуханов. – Режим доступа : <http://medtreatment.narod.ru>.

266. Омега-М [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.dun.ru>.

267. Бортовой аппаратный комплекс «Нейрон-Б» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://space.copris.com>.

268. Баевский Р. М. Аппаратно-программный комплекс «Варикард» для оценки функционального состояния организма по результатам математического анализа ритма сердца. Вариабельность сердечного ритма / Р. М. Баевский, Ю. Н. Семенов. – Ижевск : Изд-во Удмуртского гос. ун-та. – 1996. – 162 с.

269. Рябова Т. Я. Программно-аппаратный комплекс «Пульсарт» для скрининговой диагностики состояния здоровья с использованием интерактивной компьютерной телефонии / Т. Я. Рябова, В. Н. Шлапак, В. Н. Кочеев // 2-ая международная конференция «Радиоэлектроника в медицинской диагностике» – Москва : 1997. – С. 131–135.

270. Баевский Р. М. Медицинские проблемы автоматизации контроля за состоянием здоровья космонавтов / Р. М. Баевский // Космическая биология и авиационная медицина. – 1991. – № 2. – С. 21–27.

271. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма : теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 106–127.

272. Вайсман А. И. Автодорожная медицина – итоги и перспективы / А. И. Вайсман // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – Москва : Медицина, 1979. – С. 6–8.

273. Баевский Р. М. К проблеме прогнозирования функционального состояния человека в условиях длительного космического полета / Р. М. Баевский // Физиологический журнал СССР. – 1972. – № 6. – С. 819–827.

274. Баевский Р. М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом / Р. М. Баевский // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. – Москва : Медицина, 1976. – С. 161–175.

275. Григорьев А. И. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине / А. И. Григорьев, Р. М. Баевский. – Москва : Слово, 2001. – 96 с.

276. Макаров Л. М. Холтеровское мониторирование / Л. М. Макаров. – Москва : Медицина, 2000. – 104 с.

277. Рябыкина Г. В. Вариабельность ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. – Москва : Изд-во «СтарКо», 1998. – 196 с.

278. Сметнев А. С. Вариабельность ритма сердца, желудочковые аритмии и риск внезапной смерти / А. С. Сметнев, О. И. Жаринов, В. Н. Чубучный // Кардиология. – 1995. – № 4. – С. 49–51.

279. Федоров В. Ф. О некоторых неиспользованных возможностях статистических методов в кардиологии / В. Ф. Федоров, А. В. Смирнов // Материалы второй науч.-практ. конф. : Клинические и физиологические аспекты ортостатических расстройств. – Москва, 2000. – С. 138–148.

280. Безруких М. М. Регуляция хронотропной функции у школьников 1–4 классов в процессе учебных занятий / М. М. Безруких // Возрастные особенности физиологических систем у детей и подростков. – Москва, 1981. – С. 249–254.

281. Воробьев В. И. Исследование математико-статистических характеристик сердечного ритма как метод оценки реакции лиц разного возраста на мышечную нагрузку : дис. ... канд. биол. наук: 14.03.08 / В. И. Воробьев. – Москва : ИМБП, 1978. – 178 с.

282. Хаспекова Н. Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга : дис. ... д-ра. мед. наук / Н. Б. Хаспекова. – Москва : Ин-т ВНД, 1996. – 236 с.

283. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and Clinical Use. Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065. – Режим доступа : <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>

284. Власов Ю. А. Метод последовательного парного анализа ритма сердца по интервалам RR / Ю. А. Власов, В. Г. Яшков, А. В. Якименко // Радиоэлектроника, физика и математика в биологии и медицине. – Новосибирск, 1971. – С. 9–14.

285. Габинский Я. Л. Вариационная пульсометрия и автокорреляционный анализ в оценке экстракардиальной регуляции сердечного ритма: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Я. Л. Габинский; Свердлов. мед. ин-т. – Свердловск, 1982. – 22 с.

286. Миронов В. А. Клинический анализ волновой структуры синусового ритма сердца при гипертонической болезни : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В. А. Миронов. – Оренбург, 1998. – 53 с.

287. Нидеккер И. Г. Выявление скрытых периодичностей методом спектрального анализа : дис. ... канд. физ-мат. наук / И. Г. Нидеккер. – Москва, ВЦАН СССР, 1968. – 131с.

288. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – Москва : Медицина, 1997. – 265 с.

289. Рябыкина Г. В. Анализ variability ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев // Кардиология. – 1996. – № 10. – С. 87–93.

290. Parin V. V. Heart and circulation under space conditions / V. V. Parin, R. M. Baevsky, O. G. Gazenko // *Cor et Vasa*. – 1965. – 1994. – Vol 7. – № 3. – P. 165–184.

291. Хаютин В. М. Спектральный анализ колебаний частоты сердцебиений : физиологические основы и осложняющие его явления / В. М. Хаютин, Е. В. Лукошкова // *Российский физиол. журн. им. И. М. Сеченова*. – 1999. – Т. 85. – №7. – С. 893–909.

292. Шлык Н. И. Сердечный ритм и центральная гемодинамика при физической активности у детей / Н. И. Шлык. – Ижевск : Фил. изд-ва Нижегород. ун-та, 1991. – 417 с.

293. Михайлов В. М. Вариабельность сердечного ритма. Опыт практического применения / В. М. Михайлов. – Иваново : Изд-во Ивановской госуд. мед. академии, 2000. – 200 с.

294. Никулина Г. А. Исследование статистических характеристик сердечного ритма как метод оценки функционального состояния организма при экстремальных воздействиях : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Г. А. Никулина ; Институт медико-биологических проблем. – Москва, 1974. – 30 с.

295. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма с помощью комплекса «Варикард» и проблема распознавания функциональных состояний / Р. М. Баевский, Ю. Н. Семенов, А. Г. Черникова // *Хронобиологические аспекты артериальной гипертензии в практике врачебно-летней экспертизы*. – Москва, 2000. – С. 167–178.

296. Довгалецкий П. Я. Возможность использования системного анализа в оценке нейрогуморальной регуляции сердечного ритма у больных ИБС / П. Я. Довгалецкий, О. К. Рыбак // *Вариабельность сердечного ритма. Теоретические аспекты и практическое применение : тез. докл. междунар. симпоз. 12-14 сентября 1996*. – Ижевск, 1996. – С. 29–30.

297. Использование математического анализа сердечного ритма в процессе реабилитации больных гипертонической болезнью / Э. В. Минаков, Ю. А. Соболев, Г. Н. Стрелецкая, Н. Э. Минакова // Вариабельность сердечного ритма. Теоретические аспекты и практическое применение : тез. докл. междунар. симпоз. 12-14 сентября 1996. – Ижевск, 1996. – С. 42–43.

298. Goldberger A. L. Is the normal heartbeat chaotic or homeostatic? / A. L. Goldberger // News in Physiological Sciences. – 1991. – Vol. 6. – P. 87–91.

299. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики / А. Н. Флейшман. – Новосибирск : Наука, 1999. – 264 с.

300. Флейшман А. Н. Медленные колебания кардиоритма и феномены нелинейной динамики: классификация фазовых портретов, показателей энергетики, спектрального и детрентного анализа. Медленные колебательные процессы в организме человека / А. Н. Флейшман // Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики, хаоса и фракталов в физиологии и медицине : матер. 3-го Всерос. симпоз. 21-25 мая 2001 / А. Н. Флейшман. – Новокузнецк, 2001. – С. 49–61.

301. Гаврилушкин А. П. Теоретические и практические аспекты нелинейных хаотических колебаний ритма сердца, Медленные колебательные процессы в организме человека / А. П. Гаврилушкин, А. П. Маслюк // Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики, хаоса и фракталов в физиологии и медицине : матер. 3-го Всерос. симпоз. 21-25 мая 2001 / А. Н. Флейшман. – Новокузнецк, 2001. – С. 37–48.

302. Жемайтите Д. И. Ритмичность импульсов синоаурикулярного узла в покое и при ишемической болезни сердца: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Д. И. Жемайтите ; Каунас. мед. ин-т. – Каунас, 1965. – 51 с.

303. Жемайтите Д. И. Возможности клинического применения и автоматического анализа ритмограммы : дис. ... д-ра мед. наук / Д. И. Жемайтите; Каунас. мед. ин-т. – Каунас, 1972. – 285 с.

304. Миронова Т. В. Клинический анализ волновой структуры синусового ритма сердца / Т. В. Миронова, В. А. Миронов // Введение в ритмокардиографию и атлас ритмокардиограмм. – Челябинск : Изд-во «Челябинский дом печати», 1998. – 162 с.
305. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме : пер. с англ. / Г. Селье. – Москва : Медгиз, 1960. – 275 с.
306. Парин В. В. Введение в медицинскую кибернетику / В. В. Парин, Р. М. Баевский. – Москва : Медицина, 1966. – 220 с.
307. Шендерова И. С. Структура сердечного ритма при дозированных умственных нагрузках в условиях лабораторного эксперимента / И. С. Шендерова // Медико-биологические проблемы трудовой деятельности водителей автомобилей. – Москва : Медицина, 1979. – С. 148–149.
308. Персональная ЭВМ в проектировании автомобильных дорог / О. П. Алексеев, Э. В. Гаврилов, В. В. Туманов и др. – Киев : УМК ВО, 1988. – 200 с.
309. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей / Н. А. Игнатов, В. М. Мишурин, Р. Т. Мушегян, В. А. Сергеев. – Москва : Транспорт, 1978. – 88 с.
310. Лукьянов А. Н. Сигналы состояния человека-оператора / А. Н. Лукьянов, М. В. Фролов. – Москва : Наука, 1969. – 247 с.
311. Зинченко В. П. Психометрика утомления / В. П. Зинченко, А. Б. Леонова, Ю. К. Стрельков. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 109 с.
312. Коно Т. Стратегия и структура японских предприятий / Т. Коно. – Москва : Прогресс, 1987. – 384 с.
313. Горбов Ф. Д. О «помехоустойчивости» оператора / Ф. Д. Горбов // Инженерная психология. – Москва : Изд-во МГУ, 1964. – С. 340–357.
314. Ярбус А. Л. Роль движения глаз в процессе зрения / А. Л. Ярбус. – Москва : Наука, 1965. – 167 с.

315. Глезер В. Д. Механизмы опознавания зрительных образов / В. Д. Глезер. – Москва : Наука, 1966. – 201 с.

316. Кринчик Е. П. О механизмах влияния вероятности сигнала на время реакции человека / Е. П. Кринчик, П. Ф. Медников // Вопросы психологии. – 1970. – № 6. – С. 34–46.

317. Симонов П. В. Высшая нервная деятельность человека. Мотивационно-эмоциональные аспекты / П. В. Симонов. – Москва : Наука, 1975. – 175 с.

318. Микк Я. А. Факторы, определяющие время прочтения слова в связном тексте / Я. А. Микк // Вопросы психологии. – 1972. – № 3. – С. 125–129.

319. Rutley K. S., Mace D. G. W., Heart Rate. Measure In Road Layout Design / K. S. Rutley, D. G. W. Mace, Heart Rate // Ergonomics. – 1972. – Vol 15. – № 2. – P. 165–173.

320. Zell J. K. Driver's eye movements as a function of driving experience / J. K. Zell. – Ohio : The Ohio State University Columbus. – 1969. – P. 85.

321. Леушина Л. И. О соотношении зрительной и глазодвигательной системы в пространственном восприятии / Л. И. Леушина // Моторные компоненты зрения. – Москва : Наука, 1975. – С. 151–176.

322. Андреева Б. А. К вопросу о механизме движения глаз / Б. А. Андреев, Н. Ю. Вергилес, Б. Ф. Ломов // Вопросы психологии. – 1973. – № 1 – С. 3–17.

323. Гиннепрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза / Ю. Б. Гиннепрейтер. – Москва : Изд-во МГУ, 1978. – 255 с.

324. Камышов Н. А. Методика кинорегистрации движения глаз и определение направления взора оператора / Н. А. Камышов // Вопросы психологии. – 1968. – № 4. – С. 118–150.

325. Исследование применимости средств мультимедиа для контроля функционального состояния оператора ЭВМ / О. А. Вершинин, О. В. Красильникова, Л. В. Коледов, А. Н. Омельченко // Вестн. ДГТУ. – 2001. – Т. 1. – №1. – С. 134–139.

326. Душков Б. А. Основы инженерной психологии / Б. А. Душков, А. В. Королев, Б. А. Смирнов. – Москва : Академический проект ; Екатеринбург : Деловая книга, 2002. – 576 с.

327. Вайсман А. И. Здоровье водителей и безопасность дорожного движения / А. И. Вайсман. – Москва : Транспорт, 1979. – 137 с.

328. Звоников В. М. Психофизиологическое обеспечение профессиональной деятельности железнодорожников и восстановительная медицина / В. М. Звоников, Т. Г. Мищерякова // Вестн. восст. мед. – 2002. – № 1. – С. 43–52.

329. Мороз М. П. Методика экспресс-диагностики функционального состояния и работоспособности человек [Электронный ресурс] / М. П. Мороз. – Режим доступа : <http://olderan.by.com>.

330. Программно-аппаратный комплекс АМСАТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.health->

331. Компьютерное электропунктурное сканирование как метод экспресс диагностики, мониторинга и коррекции функционального состояния человека [Электронный ресурс] / В. В. Горбаль, А. А. Дымников, У. А. Умеренков, О. В. Федоров. – Режим доступа : <http://www.antamed.ru>.

332. Зинченко В. П. Основы эргономики / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 344 с.

333. Устройство психофизиологического тестирования «Психофизиолог-Н» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://medlab.nnz.ru>.



334. Аппаратно-программный комплекс – «PSI-Vector-DiaCor», предназначенный для контроля функционального состояния организма человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://alekanto.com.ua>.

335. Эффективные методы защиты от техногенного электромагнитного излучения и информационно-волновые методы диагностики / А. И. Корнюхин, В. А. Капцов, А. Ю. Добросердов, И. М. Сент-Умеров // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 9. – С. 22–25.

336. Мищерякова Т. Г. Психофизиологическое обеспечение профессиональной деятельности железнодорожников и восстановительная медицина / Т. Г. Мищерякова, В. М. Звоников // Вестник восстановительной медицины. – 2002. – № 1. – С. 43–52.

337. Автоматизированная диагностическая система АМКАТ–КОБЕРТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://medcen.chat.ru>.

338. Компьютерное электропунктурное сканирование как метод экспресс-диагностики, мониторинга и коррекции функционального состояния человека [Электронный ресурс] / В. В. Горбаль, А. А. Дымников, У. А. Умеренков, О. В. Федоров. – Режим доступа : <http://www.antamed.ru>.

339. Ковалева А. И. Электроотрицательность ядер как критерий оценки функционального состояния организма оператора / А. И. Ковалева, Г. Ю. Пышнов // Український медичний часопис. – 2003. – Т. 38. – № 6. – С. 126–129.

340. Шахбазов В. Г. Новый цитобиофизический показатель биологического возраста и физиологического состояния человека / В. Г. Шахбазов, Н. Н. Григорьева, Т. В. Колупаева // Физиология человека. – 1996. – Т. 22. – № 6. – С. 71–75.

341. Коршняк В. А. Цитобиофизический показатель биологического возраста и функционального состояния организма больных с синдромом вегетативной дистонии до и после микроволновой резонансной терапии / В. А. Коршняк // Український медичний часопис. – 2001. – Т. 23. – № 3. – С. 56–58.

342. Зинченко В. П. Основы эргономики / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. – Москва : Изд-во МГУ, 1979. – 344 с.

343. Козырев О. А. Метод «системных функциональных профилей» как способ количественной оценки функционального состояния организма [Электронный ресурс] / О. А. Козырев. – Режим доступа : <http://globus.smolensk.ru>.

344. Марьин М. И. Медико-психологические проблемы профессиональной деятельности пожарных / М. И. Марьин, Е. А. Мешалкин // юбил. сб. тр. Всерос. научно-исслед. ин-та противопожар. обор. – Москва : ВНИИПО МВД России, 1997. – С. 522–539.

345. Доля В. К. Влияние параметров поездки пассажиров на конкурентоспособность городского пассажирского транспорта / В. К. Доля // Исследование проблем транспортных систем. – Харьков : ХГАДТУ, 1996. – С. 7–9.

346. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский. – Москва : Наука, 1971. – 576 с.

347. Адлер Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – Москва : Металлургия, 1968. – 155 с.

348. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – Киев : Вища шк., 1976. – 232 с.

349. Теплов Б. М. Проблемы индивидуальных различий / Б. М. Теплов. – Москва: Изд-во АПН РСФСР, 1961. – 536 с.

350. Эргономика. Проблемы приспособления условий труда к человеку / Под ред. В.Ф. Венда. – Москва : Мир, 1971. – 424 с.

351. Зинченко В. П. Эргономические основы организации труда / В. П. Зинченко, В. М. Мунипов, Г. Л. Смолян. – Москва : Экономика, 1974. – 240 с.

352. Сабадаш В. В. Влияние эргономических условий рабочего места операторов мобильных машин на уровень травматизма и профессиональной заболеваемости / В. В. Сабадаш // Вест. ХНАДУ. – Харьков : ХНАДУ, 2005. – № 30. – С. 23–26.

353. Сабадаш В. В. Розробка методів ергономічної експертизи нещасних випадків у виробничих системах «людина – техніка – середовище» : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Сабадаш; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків, 2007. – 20 с.

354. Проценко В. Б. Эргономические факторы в конструировании рабочего места водителя / В. Б. Проценко // Техническая эстетика. – 1971. – № 11. – С. 15–18.

355. Евграфов А. Н. Аэродинамика и дизайн автомобиля / А. Н. Евграфов, Д. В. Ковалевский, А. М. Лукасевич // сб. науч. тр. МГИУ. – Москва : МГИУ, 1996. – С. 69–72.

356. Евграфов А. Н. Основы эргономики и дизайна автомобиля и трактора / А. Н. Евграфов. – Москва : МГИУ, 2007. – 74 с.

357. Федотова И. В. Влияние эргономических характеристик рабочего места на распространенность болевого синдрома у водителей-профессионалов / И. В. Федотова, М. А. Бобоха // Гигиена и санитария. – 2015. – № 1. – С. 72–76.

358. Park S.J. Preferred driving posture and driver's physical dimension / S. J. Park, H.-K. Kim, C.-B. Kim, K. S. Kwon, J.-W. Lee // Human Factors and Ergonomics Society. 43rd annual meeting. Proceedings. – Santa Monica. – 1999. – Vol. 1. – P. 742–746.

359. Porter J. M. Exploring the optimum posture for driver comfort / J. M. Porter, D. E. Gyi // Int. J. Vehicle Des. – 1998. – Vol 19. – № 3. – P. 255–266.

360. Preuschen G. Körperhaltung und Sitzgestaltung des Kraftfahrzeugführers / G. Preuschen, H. Dupuis // Ergonomics. – 1969. – Vol 19. – № 2. – P. 234–2455.

361. Rebiffe R. Le Siège du Conducteur: Son Adaptation Aux Exigences Fonctionnelles et Anthropométriques / R. Rebiffe // Ergonomics. – 1969. – Vol 12. – № 2. – P. 246–261.

362. Reed M. P. A statistical method for predicting automobile driving posture. Hum. Factors / M. P. Reed, L. W. Schneider, Carol A. C. Flannagan, M. A. Manary // Hum. Factors Ergon. – 2002. – Vol 44. – № 4. – P. 557–568.

363. Zenk R. Technical note: spine loading in automotive seating / R. Zenk, M. Franz, H. Bubb, P. Vink // Appl. Ergon. – 2012. – Vol 43. – № 2. – P. 290.

364. Makhsousy M. Reducing whole-body vibration and musculoskeletal injury with a new car seat design / M. Makhsousy, R. Hendrix, Z. Crowther, E. Nam, F. Lin // Ergonomics. – 2005. – Vol 48. – № 9. – P. 1183–1199.

365. Adreoni G. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers / G. Adreoni, G. C. Santambrogio, M. Rabuffetti, A. Pedotti // Applied Ergonomics. – 2003. – № 33. – P. 511–522.

366. Fai T. C. Vehicle seat design: state of art and recent development / T. C. Fai, F. Delbressine, M. Rauterberg // World Engineering Congress. – 2007. – P. 51–61.

367. Mike K. Automobile seat comfort: occupant preferences vs. Anthropometric accommodation / K. Mike // Applied Ergonomics. – 2003. – Vol 34. – P. 177–184.

368. Giuseppe A. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers / A. Giuseppe, C.S. Giorgio, R. Marco, P. Antonio // Applied Ergonomics – 2002. – Vol 33. – P. 511–522.

369. Looze D. M. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures / D. M. Looze, E. Kuijt, F. M. Lottie, D. J. Van // Ergonomics. – 2003. – Vol 46. – №.10. – P. 985–997.

370. Kolich M. Automobile seat comfort prediction: statistical model vs. artificial neural network. Windsor Canada / M. Kolich, N. Seal, S. Taboun // *Applied Ergonomics*. – 2004. – Vol 35. – P. 275–284.

371. Kazushige E. Factors affecting static seat cushion comfort / E. Kazushige, M. J. Griffin // *Ergonomics*. – 2001. – Vol 44. – № 10. – P. 901–921.

372. Park S. J. Comfortable driving postures for Koreans / S. J. Park, C. B. Kim, C. J. Kim, J. W. Lee // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2000. – Vol 26. – P. 489–497.

373. Петров А. П. Основы эргономики и дизайна в автомобилестроении : учебное пособие / А. П. Петров. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2004. – 163 с.

374. Справочник по прикладной эргономике: пер с англ. / Под ред. В. М. Мунипова. – Москва : Машиностроение, 1980. – 216 с.

375. Шмид М. Эргономические параметры: пер. с чешск. / М. Шмид. – Москва : Мир, 1980. – 238 с.

376. Шпара П. Е. Техническая эстетика и основы художественного конструирования / П. Е. Шпара, И. П. Шпара. 3-е изд., перераб. и доп. – Киев : Вища школа, 1989. – 247 с.

377. Мунипов В. М. Эргономика : человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учебник / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – Москва : Логос, 2001. – 356 с.

378. Grujicic M. Musculoskeletal computational analysis of the influence of car-seat design / adjustments on long-distance driving fatigue / M. Grujicic, B. Pandurangan, X. Xie, A. K. Gramopadhye, D. Wagner, M. Ozen // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2010. – Vol 40. – № 3. – P. 345–355.

379. Kittusamy N. K. Whole-body vibration and postural stress among operators of construction equipment : a literature review / N. K. Kittusamy, B. Buchholz // *Journal of Safety Research (Impact Factor : 1.29)*. – 2004. – Vol 35. – № 3. – P. 55–61.

380. Kyung G. Driver sitting comfort and discomfort (part I): use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings / G. Kyung, M. A. Nussbaum, K. Babski-Reeves // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2008. – № 38. – P. 516–525.

381. Ebe K. Factors effecting static and seat cushion comfort / K. Ebe, M. J. Griffin // *Ergonomics*. – 2001. – Vol 44. – № 10. – P. 901–992.

382. Lagarde E. Emotional stress and traffic accidents: the impact of separation and divorce / E. Lagarde, J. F. Chastang, A. Gueguen, M. Coeuret-Pellicer, M. Chiron, S. Lafont // *Epidemiology*. – 2004. – № 15. – P. 762–766.

383. Matthews G. Individual differences in driver stress vulnerability in a Japanese sample / G. Matthews, A. Tsuda, G. Xin, Y. Ozeki // *Ergonomics*. – 1999. – № 42. – P. 401–415.

384. Vivoli G. Biochemical and haemodynamic indicators of stress in truck drivers / G. Vivoli, M. Bergomi, S. Rovesti, G. Carrozzi, A. Vezzosi // *Ergonomics*. – 1993. – № 36. – P. 1089–1097.

385. De Croon E. M. Stressful work, psychological job strain, and turnover: a 2-year prospective cohort study of truck drivers / E. M. De Croon, J. K. Sluiter, R. W. B. Blonk, J. P. J. Broesen, M. H. W. Frings-Dresen // *Journal of Applied Psychology*. – 2004. – № 89. – P. 442–454.

386. Зайченко Ю. П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко, С. А. Шумилова. – Киев : Вища школа, 1984. – 267 с.

387. Завадский Ю. В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю. В. Завадский. – Москва : Транспорт, 1978. – 158 с.

388. Галушко В. Г. Случайные процессы и их применение на автотранспорте / В. Г. Галушко. – Киев : Вища школа, 1980. – 272 с.

389. Психология : учеб. пособие / Под ред. А. Г. Ковелева. – Москва : Просвещение, 1966. – 451 с.

390. Личностный опросник ЕРІ (методика Г. Айзенка) / Альманах психологических тестов. – Москва : 1995. – С. 217–224.

391. Рогов Е. И. Настольная книга практического психолога : учеб. пособие : в 2 кн. / Е. И. Рогов // 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – Кн. 1: Система работы психолога с детьми разного возраста. – 384 с.

392. Айзенк Г. Как измерить личность : пер. с англ. / Г. Айзенк, Г. Вильсон. – Москва : Когито-Центр, 2000. – 24 с.

393. Айзенк Г. Исследования человеческой психики : пер. А. Озерова / Г. Айзенк, М. Айзенк. – Москва : Эксмо-Пресс, 2001. – 480 с.

394. Ишков А. Д. Учебная деятельность студента: психологические факторы успешности / А. Д. Ишков. – Москва : Издательство АСВ, 2004. – С. 164–167.

395. Атлас для экспериментального исследования отклонения в психологической деятельности человека / под ред. И. А. Полищука и А. Е. Видренко. – Киев : Здоровье, 1980. – 91 с.

396. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – Москва : Финансы и статистика, 1981. – 264 с.

397. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – Москва : Статистика, 1973. – 392 с.

398. Афифи А. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – Москва : Мир, 1982. – 488 с.

399. Налимов В. В. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – Москва : Финансы и статистика, 1981. – 264 с.

400. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионного анализа / Ю. В. Завадский. – Москва : МАДИ, 1981. – 116 с.

401. Дюран Б. Кластерный анализ : пер. с англ. / Б. Дюран, П. Оделл. – Москва : Статистика, 1977. – 128 с.
402. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – Москва : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
403. Айвазян С. А. Классификация многомерных наблюдений / С. А. Айвазян, З. И. Бежаева, О. В. Староверов. – Москва : Статистика, 1974. – 240 с.
404. Апраушева Н. Н. Об использовании смесей нормальных распределений в распознавании образов : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук / Н. Н. Апраушева ; [ВЦ АН СССР]. – Москва, 1981. – 16 с.
405. Каменский В. С. Методы и модели неметрического шкалирования / В. С. Каменский // Автоматика и телемеханика. – 1977. – № 8. – С. 118–156.
406. Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях / А. И. Орлов. – Москва : Наука, 1979. – 296 с.
407. Смоляк С. А. Устойчивые методы оценивания / С. А. Смоляк, Б. Н. Титаренко. – Москва : Статистика, 1982. – 208 с.
408. Алимов Ю. И. Альтернатива методу математической статистики / Ю. И. Алимов. – Москва : Знание, 1980. – 64 с.
409. Fortier J. and Solomon H. Clustering procedures. Multivariate Analysis / J. Fortier, H. Solomon. – New York : ed. by P. R. Krishnaiah, Academic Press. – 1966. – P. 493–506.
410. Дорофеюк А. А. Алгоритмы автоматической классификации / А. А. Дорофеюк // Автоматика и телемеханика. – 1971. – № 12. – С. 78–113.
411. Загоруйко Н. Г. Таксономия в анизотропном пространстве / Н. Г. Загоруйко // Эмпирическое предсказание и распознавание образов. – Новосибирск: 1978. – С. 26–35.
412. Миркин Б. Г. Группировки в социально-экономических исследованиях / Б. Г. Миркин. – Москва : Финансы и статистика, 1985. – 224 с.



413. Лейбкинд А. Р. Математические методы и модели формирования организационных структур управления / А. Р. Лейбкинд, Б. Л. Рудник, А. А. Тихомиров. – Москва : МГУ, 1982. – 232 с.

414. Гуд И. Д. Ботриология ботриологии / И. Д. Гуд // Классификация и кластер. – Москва : Мир, 1980. – С. 66–82.

415. Cormack R. M. A review of classification (with discussion) / R. M. Cormack // Journal of the Royal Statistical Society Series A. – 1971. – № 134. – P. 321–367.

416. Hartigan J. A. Clustering algorithms / J. A. Hartigan. – New York, Wiley. – 1975. – P. 386.

417. Hennessy D. A. Traffic congestion, driver stress, and driver aggression / D. A. Hennessy, D. L. Wiesenhal // Aggressive Behavior. – 1999. – № 25. – Vol 6. – P. 409–423.

418. Hennessy D. A. The influence of traffic congestion, daily hassles, and trait stress susceptibility on state driver stress : An interactive perspective / D. A. Hennessy, D. L. Wiesenhal, P. M. Kohn // Journal of Applied Biobehavioral Research. – 2000. – № 5. – P. 162–179.

419. McGehee D. V. Driver reaction time in crash avoidance research : validation of a driving simulator study on a test track / D. V. McGehee, E. N. Mazzae, G. S. Baldwin // In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting. – 2000. – № 20. – Vol 44. – P. 3–320.

420. Barrett G. V. Feasibility of studying driver reaction to sudden pedestrian emergencies in an automobile simulator. Human Factors / G. V. Barrett // The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. – 1968. – № 10. – Vol 1. – P. 19–26.

421. Philip P., Sagaspe P., Moore N., Taillard J., Charles A., Guilleminault C., Bioulac B.: Fatigue, sleep restriction and driving performance / Philip P., Sagaspe P., Moore N., Taillard J., Charles A., Guilleminault C., Bioulac B. // Accident Analysis & Prevention. – 2005. – Vol 37. – №3. – P. 473–478.

422. Broen N. L. Braking response times for 100 drivers in the avoidance of an unexpected obstacle as measured in a driving simulator / N. L. Broen, D. P. Chiang // In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting – 1996. – Vol 40. – № 18. – P. 900 – 904.

423. Guzek M. Research on behaviour of drivers in accident situation conducted in driving simulator / M. Guzek, Z. Lozia, P. Zdanowicz, R. S. Jurecki, T. L. Stańczyk // Journal of KONES. – 2009. – Vol 16. – P. 173–183.

424. Stańczyk T. L. On the track researches of driver's reaction time to the big lorry entering the crossroad from the right side with limited visibility / T. L. Stańczyk, R. S. Jurecki, A. Zuska, S. Walczak, M. Maniowski // Monographs of the maintenance System Unit Problems of maintenance of sustainable technological systems, Automotive Engineering and vehicle safety engineering. – 2012. – Vol 4. – P. 140–151.

425. Guzek M. Badania reakcji kierowców na pojazd wyjeżdżający z prawej strony, realizowane w symulatorze jazdy samochodem / M. Guzek, R. S. Jurecki, Z. Lozia, T. L. Stańczyk, P. Zdanowicz // Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów PW. – 2010. – Vol 77. – № 1. – P. 129–139.

426. Muttart J. W. Evaluation of the influence of several variables upon driver perception response times. York, England / J. W. Muttart // In Proceedings of the 5th International Conference of the Institute of Traffic Accident Investigators. – 2001. – P. 116–129.

427. Malaterre G. Decision making in emergency situations / G. Malaterre, F. Ferrandez, D. Fleury, D. Lechner // Ergonomics. – 1988. – Vol 31. – № 4. – P. 643–655.

428. Sivak M. Radar-measured reaction times of unalerted drivers to brake signals / M. Sivak, P. L. Olson, K. M. Farmer // Perceptual and Motor Skills. – 1982. – Vol 55. – № 2. – P. 594.

429. Dettinger J. Reaktionsdauer bei Notbremsungen-Entwicklung und Status quo des Erkenntnisstandes / J. Dettinger // Teile 1 und 2/Reaction times during emergency braking-Development and status quo of the current state of research. Parts 1 and 2. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik. – 2008. – Vol 46. – №№ 6, 7/8. – PP. 180–187, 230–234.

430. Abe G. The influence of alarm timing on braking response and driver trust in low speed driving / G. Abe, J. Richardson // Safety Science. – 2005. – Vol 43. – № 9. – P. 639 – 654.

431. Baulk S. D. Driver sleepiness-evaluation of reaction time measurement as a secondary task / S. D. Baulk, L. A. Reyner, J. A. Horne // Sleep-New York. – 2001. – Vol 24. – № 6. – P. 695–702.

*Наукове видання*

**ГЮЛЄВ Нізамі Уруджевич**

## ***ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР І ДОРОЖНІ ЗАТОРИ***

**МОНОГРАФІЯ**

Відповідальний за випуск *В. К. Доля*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *Т. Є. Ключко*

Підп до друку 29.03.2016  
Друк на ризографі  
Тираж 300 пр.

Формат 60 x 84/16  
Ум. друк арк. 13,9  
Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4705 від 28.03.2014р.